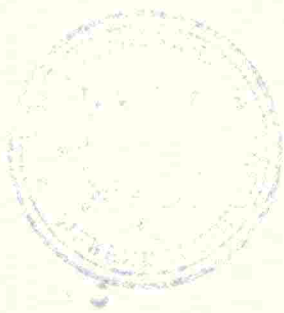


MERENKULKUHALITUS

ÖLJYVAHINKOJEN  
TORJUNTA



HELSINKI 1972



## SISÄLLYSLUETTELO

### I JOHDANTO

### II ÖLJYLAJIT

- 2.1 Raakaöljyt
- 2.2 Öljytuotteet

### III ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN MERESSÄ

- 3.1 Öljyn leviäminen meren pinnalla
- 3.2 Öljyn näkyminen veden pinnalla
- 3.3 Tuulen vaikutus
- 3.4 Luonnossa öljylle tapahtuvat muutokset
  - 3.4.1 Haihtuminen ja liukeneminen
  - 3.4.2 Hapettuminen ja hajoaminen
- 3.5 Yhteenveto

### IV ÖLJYSAASTEEN RAJOITUS-, POISTO- JA KÄSITTELYTAVAT MERELLÄ

- 4.1 Yleistä
- 4.2 Öljyn rajoittamismenetelmät
  - 4.2.1 Puomit
  - 4.2.2 Vapaana kelluvat puomit
  - 4.2.3 Tartunta- ja imeytysaineet
  - 4.2.4 Kehittyvät menetelmät
- 4.3 Mekaaniset poistomenetelmät
  - 4.3.1 Imulaitteet
  - 4.3.2 Pintakuorijat
  - 4.3.3 Osittain imeyttämistä hyväksi käyttävät laitteet
  - 4.3.4 Muut laitteet

- 4.4 Muut poistomenetelmät
  - 4.4.1 Polttaminen
  - 4.4.2 Emulgointi
  - 4.4.3 Öljyn upotusmenetelmä

### V ÖLJYN POISTO JA PUHDISTUS-TOIMENPITEET RANNALLA

- 5.1 Yleistä
- 5.2 Puhdistusmenetelmät
  - 5.2.1 Mekaaninen poisto
  - 5.2.2 Imeyttämisaineiden käyttö
  - 5.2.3 Polttaminen
  - 5.2.4 Emulgaattorien käyttö

### VI ERÄIDEN RANTA-ALUEIDEN PUHDISTAMISESTA

- 6.1 Yleistä
- 6.2 Alueet, joissa on kasvillisuutta
  - 6.2.1 Suo- ja rämemäiset alueet
  - 6.2.2 Tundra
- 6.3 Muut ranta-alueet
  - 6.3.1 Mutaiset rannat
  - 6.3.2 Hiekkarannat
  - 6.3.3 Kivikkoiset rannat
  - 6.3.4 Kalliot
  - 6.3.5 Jääolosuhteet
  - 6.3.6 Rakenteet
- 6.4 Muutamia erikoistapauksia
  - 6.4.1 Laiturit, veneet, puutavaralautat y.m.

KUVIA 37 kpl  
Lähdeaineistoluettelo

## Alkulause

Tähän mennessä ei suomen kielellä ole julkaistu mitään yhtenäistä esitystä merellä ja rannikolla käytettävissä olevista öljyntorjuntamenetelmistä, ja tämän käsikirjan tarkoituksena on poistaa tämä puute.

Kuten tunnettua, merenkulkuhallitus johtaa merialueella ja Saimaalla tapahtuvaa öljyntorjuntaa, ja käytännön torjuntatyössä sovelletaan niitä ajatuksia, jotka tässä käsikirjassa on esitetty. Tässä käsikirjassa annetaan ne teoreettiset perustiedot jotka ovat tarpeen jokaiselle öljyntorjunnan kanssa tekemisiin jou-

tuvalle. Koko öljyntorjunta-ala elää tällä hetkellä voimakkaan kehityksen kautta, ja kirjassa esitetyt tiedot vastaavat tämänhetkisiä käsityksiä öljyntorjunnasta. Osittain tämän vuoksi on käsikirja toimitettu reikäkansiomuodossa, jolloin vanhentuneita sivuja on helppo vaihtaa uusiin. Tarkoitus on myös, että tähän käsikirjaan lähitulevaisuudessa liitettäisiin öljyntorjuntaorganisaatiota ja öljysuojalakia käsittelevät osat, sekä muitakin osia tarpeen vaatiessa.

Merenkulkuhallituksessa 20 p:nä huhtikuuta 1972

Seppo Hilden

Reino Sandelin



## I Johdanto

"Torrey Canyon'in" haaksirikkoutuminen Englannin rannikolla v. 1967 merkitsi käännekohtaa öljy-saastetta vastaan käydyssä kamppailussa. Ennen tuota päivää monet maat eivät olleet lainkaan ajatelleet koko asiaa, ja muissa oli tapahtunut rajoitettua kehitystä menettelytavoissa, jotka sopivat heidän omiin olosuhteisiinsa. "Torrey Canyon'in" aiheuttama saaste, ja tietoisuus siitä että tämän tapaista suursaastumista saattaa tapahtua melkein missä tahansa maailmassa, aiheutti sen, että ruvettiin tutkimaan ja kehittämään tapoja joilla öljysaasteen esiintyminen voitaisiin estää ja tapoja joilla sen vaikutusta voitaisiin lieventää, kun saaste on jo päässyt luontoon.

Tämä käsikirjan osa on IMCO:n (Inter-governmental Maritime Consultative Organization = Halli-

tusten välinen neuvoa-antava merenkulkujärjestö) julkaisu, ja alkuperäiseltä nimeltään "Practical Information on means of dealing with oil spillages". Tämä osa on käännetty mukaellen suomeksi merenkulkuhallituksessa keväällä 1972.

Tämä käsikirjan osa käsittelee öljyä sen jälkeen kun se on jo päässyt mereen. Tämä käsikirjan osa on tarkoitettu käytännölliseksi ohjeeksi eri öljyntorjuntamenetelmistä ja puhdistusmahdollisuuksista kun öljy on jo saastuttanut rantoja. Tässä yhteydessä on jo syytä painottaa, että jokaisessa tapauksessa on paikalliset olosuhteet otettava huomioon ennen kuin päätetään mitä esitetyistä menetelmistä käytetään.

## II Öljylajit

Kun öljy on jostain syystä päässyt veden pinnalle, se kelluu ja alkaa levitä.

Öljyä on hyvin monenlaisia, pitkälle jalostetuista öljyistä tislauksjätteeksi katsottaviin raskaisiin öljyihin. Veteen joutuneiden öljyjen käsittelyn kannalta ovat niiden ominaisuudet erittäin tärkeitä, koska ne vaikuttavat leviämisenopeuteen, luonnolliseen hajoamiseen sekä niiden aiheuttamiin saastevaurioihin. Tämän vuoksi seuraavassa käsitellään eri öljyjen ominaisuuksia, öljyn leviämisen ja liikkumisen tapoja.

### 1.1 RAAKAÖLJYT

Raakaöljyt ovat monimutkaisia hiilivetyseoksia, jonka seoksen osina olevilla hiilivedyillä on erilaisia molekyylipainoja ja -rakenteita, ja nämä hiilivedyt kuuluvat kolmeen kemialliseen pääryhmään, nimittäin parafiinit, naftenit ja aromaattiset yhdisteet.

Nämä hiilivedyt vaihtelevat yksinkertaisista, helposti haihtuvista yhdisteistä monimutkaisiin vaha- ja asfalttiyhdisteisiin joita ei voi edelleen jalostaa. Raa-

kaöljyssä voi myös olla happea, typpeä, rikkiä, vanaadiinia, nikkeliä ja kivennäissuoloja ym. erilaisina yhdisteinä.

Useampien raakaöljyjen ominaisuudet osuvat seuraavien rajojen sisäpuolelle:

ominaispaino	15/15° C: 0.80—0.988
kiehumapiste	° C: 30—125
kinemaattinen viskositeetti cS	100° F: 4—25
jähmettymispiste	° C: —35—+7
riikkiä	%: 0.08—5.00 (keskim. 2 %)
vahaa	%: 5—12
asfalteeneja	%: 0.05—3.00

### 2.2 ÖLJYTUOTTEET

Raakaöljystä jalostettujen tuotteiden ominaisuudet riippuvat sekä lähtökohtana olleen raakaöljyn ominaisuuksista että jalostusprosessista. Yleensä voidaan sanoa, että raakaöljyssä olevat rikki, vanadiini, vahat

ja asfalteenit liittyvät korkeamman kiehumapisteen omaaviin aineisiin, siis vaikka niitä tavataankin kevyissä öljyissä ovat ne suhteellisesti enemmän keskittyneet keskiraskaisiin ja raskaisiin öljyihin.

Polttoöljyjen kohdalla on huomioitava, että kevyet öljyt ovat tislaustuotteita, kun taas raskaat öljyt on katsottava tislaujätteiksi. Ns. keskiraskaat öljyt on valmistettu kahdesta edellisestä sekoittamalla, joten saastevaurioiden kannalta ne on luokiteltava lähinnä raskaiksi öljyiksi (koska raskaat osat jäävät jäljelle kevyiden haihtuessa pois) eli siis vaarallisimpaan luokkaan.

Seuraavat taulukot antavat käsityksen eri öljytuotteista:

— Bensiinit	
ominaispaino	15/15° C: 0.68—0.77
kiehumisalue	° C: 30—200
leimahduspiste	° C: —40
— Kerosiini	
ominaispaino	15/15° C: 0.78
kiehumisalue	° C: 160—285

kinem. viskositeetti	cS, 100° F: 1.48
leimahduspiste	° C: 55
— Kaasuöljyt	
ominaispaino	15/15° C: 0.84
kiehumisalue	° C: 180—360
kinem. viskositeetti	cS, 100° F: 3.3
leimahduspiste	° C: 77
— Polttoöljyt	
a) kevyet	
ominaispaino	15/15° C: 0.82—0.84
kinem. viskositeetti	cS, 100° F: 2.8—3.9
leimahduspiste	° C: 70
b) Raskaat	
ominaispaino	15/15° C: 0.94—0.97
kinem. viskositeetti	cS, 100° F: 200—862
leimahduspiste	° C: 80
— Voiteluöljyt	

Nämä ovat erittäin pitkälle jalostettuja tuotteita, joiden ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen niiden käyttötarkoituksesta. Näissä öljyissä käytetään paljon erilaisia lisäaineita joista useat ovat pinta-aktiivisia yhdisteitä.

### III Öljyn käyttäytyminen meressä

#### 3.1 ÖLJYN LEVIÄMINEN MEREN PINNALLA

3.1.1 Kun pitkälle jalostettua öljyä, esim. lääkeparafiinia, kaadetaan veden pinnalle, öljy muodostaa linssin jonka paksuus riippuu öljyn laadusta; (leviämisnopeus riippuu ilman ja veden lämpötiloista ja öljyn laadusta) paksuus voi olla huomattavakin, jopa useita senttejä. Kun pieniä määriä raakaöljyä kaadetaan veden pinnalle, öljy leviää nopeasti ohueksi kalvoksi ( $0.3 \mu\text{ mm} = 0.3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$  tai ohuempi) ja muodostaa tutut sateenkaaren väriset kuviot. Leviämisestä auttavat raakaöljyn sisältämät pinta-aktiiviset aineet. Kun suurempia määriä joutuu veteen, em. paksuus esiintyy reunoilla, mutta loppuöljy muodostaa linssin, jonka paksuus on n. 10—100  $\mu\text{ mm}$ . Jos veden pinta on hyvin likainen, voi paksuus olla 1 mm tai jonkin verran ylitse.

Tyynessä puhtaassa vedessä öljy leviää melko nopeasti ympyränmuotoiseksi kuvioksi. Leviämisnopeuden laskemiseksi on Blokker kehittänyt seuraavan kaavan:

$$D^3 - D_0^3 = \frac{24}{\pi} K (d_n - d_0) \frac{d_0}{d_n} V_0 t$$

missä  $D_0$  = halkaisija hetkellä  $t = 0$   
 $D$  = halkaisija hetkellä  $t$   
 $d_n$  = veden ominaispaino  
 $V_0$  = kyseessä oleva öljymäärä  
 $K$  = vakio, joka on esim. Keski-idän raakaöljylle 15.000  $\text{min}^{-1}$

Näin ollen, esimerkiksi 1  $\text{m}^3$  Keski-idän raakaöljyä leviää 10 minuutissa 48 m halkaisijan omaavaksi ympyräksi, jolloin keskipaksuus on 5 mm. 100 minuutin kuluttua on ympyrän halkaisija 100 m ja keskipaksuus 100  $\mu\text{ mm}$ . Toisinaan, kun suuria määriä öljyä joutuu veteen, leviäminen ei näytä seuraavan yllä mainittua kaavaa. Eräiden tutkimusten mukaan tämä johtuu siitä, että aaltoliikkeen vaikutuksesta syntyy suuremman viskositeetin omaavaa vesiöljy-seosta, kun öljymäärä on tarpeeksi suuri.

Tämän tapaisessa tilassa oleva öljy ajalehtii laajoina lauttoina jotka voivat olla jopa muutamien senttien paksuisia.

#### 3.2 ÖLJYN NÄKYMINEN VEDEN PINNALLA

Öljykalvon paksuutta voidaan arvioida karkeasti alla olevan taulukon 1. mukaan.



TAULUKKO 1

likimääräinen öljykalvon paksuus $10^{-6}$ mm	likim. öljymäärä 1 per 1 km <sup>2</sup>	selostus
0.4	44	heikosti näkyvä hyvissä valaistusolosuhteissa
0.08	88	näkyvä hopeanvärisenä kiiltona veden pinnalla
0.15	176	ensimmäiset sateenkaaren värit havaittavissa
0.3	351	kirkkaat sateenkaaren värit näkyvissä
1.0	1168	värit alkavat muuttua tummiksi
2.0	2337	värit ovat tummia

Yli 2  $\mu$  mm olevien öljykalvojen paksuutta on hyvin vaikea silmämääräisesti arvioida, tähän tarvitaan erikoislaitteita.

### 3.3 TUULEN VAIKUTUS

Tuuli vaikuttaa hyvin paljon ohuen öljykalvon liukumiseen veden pinnalla. Tarkkaa riippuvuutta ei tiedetä, mutta nyrkkisääntönä voidaan pitää, että öljylautta liikkuu nopeudella joka on 3—4 % tuulen nopeudesta. Veden virtaukset kuljettavat myös öljylauttaa, mutta useissa tapauksissa nämä virtaukset ovat ympyrän muotoisia ja liikkeen resultantti on pieni. Jos tuuli aiheuttaa voimakasta aallokkoa, syntyy jo edellä mainittua vesi-öljyemulsiota ja näin öljy tulee vaikeammaksi havaita ja poistaa.

On hyvin vaikeata laskea öljyn tarkkaa liikerataa jollakin vesialueella. Tiedot veden virtausnopeuksista ja -suunnista ovat yleensä puutteellisia, lisäksi tuulen nopeuden mittaaminen tapahtuu vain muutamissa paikoissa jotka voivat olla kaukanakin tapahtumapaikalta. Paikalliset tuulet voivat erota huomattavastikin mitatuista ja erityisesti ennustetuista tuulista. Kuitenkin mahdollisimman tarkkaan laskelmaan olisi pyrittävä sillä tiedot öljyn liikkeistä helpottavat huomattavasti saastevaaran torjumista merellä ja asianomaisten rannikon väranomaisten hälyttämistä.

### 3.4 LUONNOSSA ÖLJYLLE TAPAHTUVAT MUUTOKSET

#### 3.4.1 Haihtuminen ja liukeneminen

Öljykalvo meren pinnalla muuttuu ja mahdollisesti häviää haihtumisen, liukenemisen, hapettumisen ja bakteeritoimintojen seurauksena. Seoksista, kuten raaka- ja polttoöljyt, haihtuvat ensin kevyemmät aineosat ja tämän jälkeen muut kiehumispisteen mukaisessa järjestyksessä.

Haihtumisnopeus ilmakehän paineessa riippuu ensinnäkin kyseisen öljyn höyrystyspaineesta k.o. lämpötilassa, mutta haihtumista nopeuttaa suuri tuulen nopeus. Kovassa merenkäynnissä haihtumista edesauttavat myös murtuvat aallonharjat (4). Haihtumista auttaa myös suuri haihtumispinta-ala; siis mitä nopeammin öljy leviää sitä nopeammin se haihtuu. Tätä leviämisen ja haihtumisen yhteisvaikutusta on matemaattisesti käsitellyt Blokker (6).

Öljyjen huonommin haihtuvat aineosat haihtuvat hyvin hitaasti, ja lopuksi muodostavat käytännöllisesti katsoen haihtumattoman jäteöljymassan veden pinnalle. Tällä jäteöljyllä on suurempi ominaispaino, viskositeetti ja rikki-, metalli- ja vahapitoisuus kuin alkuperäisellä öljyllä.

Näillä muutoksilla saattaa olla hyvin tärkeä merkitys öljyn hävittämisen ja vangitsemisen kannalta, nimittäin esim. eräiden raakaöljyjen jätteillä saattaa tulla ominaispaino niin suureksi, että ne voivat upota. (7). Toisin sanoen, öljyä ei voi jättää kovin pitkäksi ajaksi sinälleen, ainakaan lämpiminä vuodenaikoina.

Keskiraskaat ja raskaat polttoöljyt, voiteluöljyt, tankinpesujätteet ja "tervamaiset jätteet" haihtuvat paljon hitaammin kuin raakaöljy, koska niissä ei ole paljoakaan kevyitä aineosasia jäljellä.

Öljyä liukenee jonkin verran meriveteen, vaikka öljytuotteiden liukenevaisuus veteen on yleisesti ottaen heikko. Kaupallisten öljytuotteiden liukenevuudesta ei ole paljoakaan luotettavia tietoja. Laboratoriokokeissa on todettu, että kaasumaisilla ja helposti haihtuvilla puhtailla hiilivedeillä on liukenevuus n. 40—60 mg/l vettä, kun taas erällä raskaimmilla tuotteilla se oli vain n. 0,7 mg/l. Pääsääntönä on, että tyydyttämättömät yhdisteet liukenevat paremmin kuin tyydytetyt.

#### 3.4.2 Hapettuminen ja hajoaminen

Öljy on herkkä suoralle hapettumiselle; tämä on pintailmiö eli se riippuu öljy/vesi rajapinnan suuruudesta. Hapettumisnopeus lisääntyy kun öljy on ohuena kalvona. Haihtumistapahtumaa auttavat meressä olevat mineraalisuolat jotka toimivat katalyysaattorina, ja auringon ultraviolettisäteily.

Toinen osatekijä öljyn häviämiseen on hapettavien bakteerien toiminta. Yleisesti ottaen, kaikki kaasuntuuvat nestemäiset ja kiinteät hiilivedyt joutuvat bakteeritoiminnan kohteeksi. Monilla meressä elävillä bakteereilla on kyky hapettaa maaöljyperäisiä hiilivetyjä ja niiden johdannaisia, ja tällaisia bakteereita on eniten matalilla lietteisillä merialueilla, soilla, lammikoissa, poukamissa ja satamissa, siis siellä missä öljyjä on jatkuvasti tai aika ajoin läsnä.



Näiden bakteerien toiminta riippuu mm. seuraavista seikoista: lämpötila, suolaisuus, pintajännitys, happamuus, hapen läsnäolo ym.

On arvioitu, että parhaimmissa olosuhteissa hyvin hapettuneessa vedessä (17) bakteereiden hajoitustoiminta on n. 2 g öljyä neliometriä kohden päivässä 20—30° C lämpötilassa.

Kuten edellä olevasta käy ilmi, on bakteerien hajoitustoiminta jo edullisimmissakin olosuhteissa hyvin pientä. Meidän kylmissä olosuhteissamme ei ole bakteereille kunnon toimintaedellytyksiä, joten niiden aiheuttamaa öljyn hajottamista lienee pidettävä mittasuhteiltaan pienenä.

### 3.5 YHTEENVETO

Edellä esitetyt asiat antavat jo jonkinlaisen käsityksen siitä, minkälaisia menetelmiä voidaan käyttää veden päällä olevan öljyn poistamiseen, tarkemmin näitä menetelmiä esitellään kuitenkin kohdassa IV.

Yllä mainittujen bakteerien toiminta riippuu veden happipitoisuudesta.

Zobel (5) on laskenut että yhden raakaöljylitran hajoittamiseen tarvitaan se happimäärä, mikä on nor-

maalisti liunneena n. 400.000 l merivettä. Tämä luku osoittaa selvästi, että ellei vesialueella ole suuria vesimassoja (niinkuin ei Itämeressä ole), menetelmiä, joilla öljyä ei lopullisesti poisteta vedestä, on käytettävä varoen.

Pahimmat ympäristövauriot ovat sattuneetkin silloin, kun suuria määriä hiilivetytuotteita on päässyt rajoitetuille merialueille.

Tärkeimmillä alueilla (mm. kalojen kutemisalueilla) voi öljysaaste aiheuttaa arvaamattomia tuhoja, ja näissä tapauksissa on ehdottomasti poistettava, ja "hellävaraisimpia" menetelmiä käyttäen.

Aavalla merellä on öljyesiintymää seurattava ja toimenpiteisiin ryhdyttävä, jos on aihetta olettaa sen voivan saada aikaan saastevaurioita.

Lopputoteamuksena voidaan sanoa, että öljyn mekaaninen poisto on kaikkein vähiten luontoa vahingoittava ja näin ollen kaikkein suositeltavin. Täytyy kuitenkin todeta, että tämä ei ole aina mahdollista sääolosuhteiden tms. takia sekä myös siitä syystä, että tyydyttävästi toimivaa poistolaitetta ei ole vielä kehitetty. Tämän vuoksi on joskus pakko käyttää muitakin kohdassa IV esitettyjä menetelmiä, mutta silloin on otettava erittäin tarkasti niiden aiheuttamat haittavaikutukset huomioon.

## IV Öljysaasteen rajoitus-, poisto- ja käsittelytavat merellä

### 4.1 YLEISTÄ

Aluksista voi öljy joutua mereen usealla eri tavalla, nimittäin

- 1) Onnettomuuksien kautta (karilleajo, yhteentörmäys, räjähdys, vika aluksien laitteistoissa tms.)
- 2) Painolastiveden mukana. Purettuaan lastinsa esim. säiliöalus tarvitsee n. 40 % lastauskyvystään painolastivettä, jotta alus olisi jälleen merikelpoinen. Eräät kuivalastilaivatkin voivat käyttää painolastivettä polttoainetankissaan. Jos näin likaantunut painolastivesi pumpputaan suoraan mereen ennen uuden lastin ottamista, voi mereen päästä huomattavia määriä öljyä.
- 3) Tankin pesuvesien mukana. Jos säiliöalus vaihtaa lastiöljyn tyyppiä matkasta toiseen, on sen aina välillä pestävä tankkinsa jottei edellinen lasti likaisi uutta lastia. Tankin pesuvesien aiheuttaman öljysaasteen torjumiseksi on kehitetty ns. load-on-top menetelmä, jolla voidaan veteen laskehtavan öljyn määrää vähentää jopa yli 95 %, mutta on laskettu että tätä menetelmää käyttää

nykyisin n. 85 % maailman säiliölaivatonnistosta. Yleensä arvioidaan, että säiliöaluksen lastista jää n. 0,4—0,6 % jäljelle tankkeihin tyhjennyksen jälkeen.

- 4) Konehuoneen öljypitoisen jäteveden, ns. pilssiveden mukana. Tällöin eivät öljymäärät ole suuria, mutta öljy on tällöin erittäin hyvin havaittavissa.
- 5) Sekalaisista syistä (inhimilliset erehdykset yms.).

Vuonna 1972 arvioitiin (24), että mereen pääsee vuosittain hieman alle 2 miljoonaa tonnia öljyä, joka määrä jakautui suunnilleen seuraavasti:

kohdat 2, 3, 4	40 %
kohdat 1, 5	10 %
öljyn poraukset yms.	8 %
maakäytöstä tulevat öljyjätteet	42 %
	<hr/> 100 %

Öljy voidaan poistaa joko silloin, kun se on merellä tai vasta sitten kun se on jo ajautunut rannalle. Suomen olosuhteissa useimmissa tapauksissa



öljy ehtii ajautua rannalle, jolloin on pyrittävä rajamaan saastevaurio jo tapahtuneeseen ja poistamaan öljy mahdollisimman hellävaraisesti jotakin kohdassa V esitettyä menetelmää käyttäen.

Merellä olevan öljyn täydellisesti poistamiseksi on käytettävä mekaanista keräilymenetelmää, siis öljy on rajoitettava, öljykerros saatava mahdollisimman paksuksi, ja tämän jälkeen kuorimalla tai imemällä poistettava öljy veden pinnalta. Imeyttämisaineita voidaan käyttää myös tämän menetelmän yhteydessä öljyn saattamiseksi paremmin keräiltävään muotoon.

Kelluva öljy voidaan hävittää myös polttamalla turpeen avulla, mutta polttomenetelmää käytettäessä on otettava huomioon sen mahdollisesti aiheuttamat vaarat ja haitat.

Kelluva öljy voidaan myös upottaa jonkin upotusaineen avulla tai hajoittaa se pieniksi pisaroiksi emulgointiaineen avulla ja sekoittamalla näin saadut pisarat suureen määrään merivettä.

On myös yritetty kehittää aineita, joilla öljy saataisiin hyytelömäiseen tilaan, jolloin se ei enää leviäisi ja olisi helppoa poistaa.

Seuraavassa käsitellään yksityiskohtaisemmin eri menetelmiä.

## 4.2 ÖLJYN RAJOITTAMISMENETELMÄT

Kuten kohdassa 3.1 todettiin, öljy pyrkii leviämään nopeasti veden pinnalla. Koska öljyn poistaminen on sitä helpompaa, mitä paksumpi kerros on, on öljyn leviäminen pyrittävä estämään käyttämällä kelluvia esteitä. Tällaisia kelluvia esteitä kutsutaan puomeiksi.

### 4.2.1 Puomit

Kuvassa 1 on esitetty erilaisia puomin käyttötapoja öljysaasteen (kuvassa viivoitetut alueet) leviämisen estämiseksi.

Puomityyppejä on kehitetty useita eri periaatteilla toimivia, mutta jokaisessa on kolme perusosaa: kohot, helma ja painot. Kohojen ja painojen suhde on yleensä sellainen, että 1/3 puomista on veden päällä ja 2/3 veden alla.

Kuvassa 2 on esitetty kaupallisesti valmistettavien puomien päätyypit. Lueteltuna vasemmasta yläkulmasta on ensin ilmapuomi, jossa kompressorin avulla on puhallettava koho-osa täyteen ilmaa; tämä puomityyppi on erittäin arka vaurioitumiselle ja soveltuu käyttöön vain suojaisimmilla paikoilla. Ilmapuomijaratusta on kehitetty edelleen siten, että esim. sata-altaassa voi olla vakituisesti pohjalla tyhjä ilmapuomi, johon sitten hälytyksen tullen pumputaan ilmaa jolloin puomi nousee pinnalle. On myöskin kehitetty pohjaan asennettava rei'itetty putki, johon

ilmaa pumppuamalla saadaan aikaan kuplavalli, joka estää öljyn leviämisen. Kuten edellä selostetusta käy ilmi, soveltuvat kaksi viimeksimainittua vain kiinteästi asennettaviksi. Ilmapuomin etuina ovat halpuus ja pieni tilan tarve.

Seuraava puomimalli on muodoltaan sama kuin edellinen, mutta täyteaineena on ilman sijasta jotakin kevyttä muovi- tms. ainetta. Toimintavarmuus parane, mutta tilan tarve kasvaa.

Oikeanpuolimmaisoin puomi on ns. ilma-vesipuomi. Ylemmässä osassa on kohoaineena ilmaa, ja alempi osa on täynnä vettä. Tällä puomityypillä on suunnitteen samat edut ja varjopuolet kuin ilmapuomilla. Vesiosa aiheuttaa sen, että tämä puomityyppi on suhteellisen vakaa.

Alarivissä olevat puomit ovat ns. aita-putomeja, vasemmanpuoleinen on varustettu irtokohoin ja helma on suora tasopinta. Etuina ovat helppo pestävyys ja hyvä vakavuus, varjopuolina suuri tilan tarve varastoitaessa ja kohojen kiinnityksen aiheuttama työnlisä.

Keskimmäisessä puomissa on kohot jo valmistusvaiheessa kiinnitetty helmaan. Etuina ovat helppo käsiteltävyys ja luotettavuus, varjopuolena pesemisen hankaluus.

Oikeanpuoleisissa puomissa on öljyä vastaan tuleva pinta suora taso, ja kohot ovat toisella puolella ja ovat irrotettavissa. Etuna on puhdistamisen helppous, varjopuolina hankala kohojen kiinnitys, kohot saattavat materiaalista riippuen olla herkästikin rikkoutuvia, puomin tulee olla aina etupuoli öljyyn päin.

Kaupallisesti valmistettujen puomien kokonaiskorkeus on tavallisesti n. 90 cm, mutta korkeampiakin on valmistettu merikäyttöön.

Puomien käytössä öljyn leviämisen estämiseksi on muutamia käytännön näkökohtia, jotka on huomioitava mahdollisimman suuren tehon saamiseksi.

Puomien oikea ankkurointi on erittäin tärkeätä, sillä huonosti ankkuroitaessa puomi saattaa aika ajoin upota, irtautua kiinnityksestään tms. jolloin puomista ei ole mitään apua. Kuvassa 3 on havainnollistettu ankkuriköyden kiinnitystä puomiin. Kiinnitysköysi on aina kiinnitettävä siten, että veto kohdistuu puomin helmaan ja että vetojännityksen suunta on vastakkainen öljyn tulosuunnalle ja veden virtaussuunnalle. Tämä käy paremmin selville kuvasta 4 jossa esitetään ankkuroinnin periaate. Ankkuria ei saa kiinnittää suoraan puomiin, koska tällöin aallokko ja vesivirrat saattavat vetää puomin veden alle, vaan puomin ja ankkurin välissä on oltava riittävän suuri poiju. Ankkurin painoksi normaalissa käytössä riittää 20—50 kg, ja ankkuri voi olla tilapäinenkin, esim. juuttisäkki joka on täytetty kivillä. Ankkuriköyden pituuden tulee olla n. 3—4 kertaa veden syvyys.



Puomi on ankkuroitava tarpeeksi tihein välimatkoin, mieluummin 25 m välimatkoin, mutta hätätilassa voidaan mennä 100 m asti.

Puomin kiinnitys rantaan, laituriin tai veneeseen on myös tärkeätä öljyn pakenemisen estämiseksi. Katso kuvia 5, 6 ja 7. Nämä kuvat eivät kaipa lisäselvityksiä.

Veden virtaus, varsinkin ahtaissa paikoissa kuten kanavissa, salmissa, joissa tms., on myös eräs puomin käyttöä rajoittava tekijä. Teoreettiset laskelmat, mallikokeet ja kokeet täysmittakaavassa ovat osoittaneet, että veden virtauksella öljyn alla on rajanopeus, jonka ylitettyään vesivirta ottaa mukaansa öljypisaroita ja kuljettaa ne edelleen puomin alitse. Puomin korkeudella ei ole sanottavaa merkitystä tämän ilmiön estämiseksi. Esimerkiksi kohtisuoraan puomia vastaan tulevalle virtauksella tämä raja-arvo on n. 1 solmu, jonka jälkeen siis puomi ei enää pidä öljyä sisäpuolellaan. Esim. joissa paras paikka öljyn vangitsemiseksi näyttäisi olevan sen kapein kohta, mutta koska kapeikoissa virtaus on kovimmillaan, on tällaisia paikkoja vältettävä. Kuvassa 8 esitetään virtaavissa paikoissa käytettävää puomitusten menetelyä. Virtaus kulkee tässä tapauksessa oikealta vasemmalle. Pussin muotoon laitettu puomi tulee todennäköisesti katkeamaan keskeltä tai irtoamaan kiinnityksistään rannalta. Sen sijaan V-muotoon ankkuroidussa puomissa jakaantuu kuormitus tasaisemmin ja puomi kestää paremmin. Ankkurin sijasta voidaan käyttää myös moottorivenettä tilapäisesti.

Aalokko on myös tärkeä tekijä puomin käytössä. Kovassa aalokossa saattaa puomi sukeltaa ja aallon harjat heittää öljyä puomin yli. Itämeren olosuhteissa lasketaan, että n. 4 Beaufortin tuuliolosuhteet on raja puomin tehokkaalle käytölle.

Jokaisessa kaupallisesti valmistetussa puomissa on omia erikoispiirteitään ja pikkuseikkoja, joita ei voi tässä yhteydessä tyhjentävästi selittää. Tämän vuoksi onkin erittäin tärkeätä, että puomikalustoa käyttämään joutuva henkilökunta saa tarpeellisessa määrin harjoitella puomien käsittelyä erilaisten sääolosuhteiden vallitessa. Tällöin päästään parhaiten selville puomien käsittelyn tekniikasta, öljyvuodon tapahduttua on myöhemmin ruveta harjoittelemaan.

#### 4.2.2 Vapaana kelluvat puomit

Merellä voidaan tavallisia ankkuroitavia puomeja käyttää ainoastaan erikoistapauksissa, ja tämän vuoksi on kehitetty useita menetelmiä ja puomimalleja merikäyttöön.

Merikäyttöön soveltuvat puomit ovat periaatteen mukaan samoja kuin kuvassa 2 esitetyt, mutta mitat ovat suurempia. On väitetty, että tässä kuvassa ole-

va ilma-vesipuomi olisi vakavuutensa ansiosta erittäin soveltuva merikäyttöön.

Merenn pinnalla ajalehtivan öljyn vangitsemisen periaate on seuraavanlainen: Puomi saatetaan V-muotoon joko ajoankkureiden tai moottoriveneiden avulla. V:n kärki osoittaa tuulen suuntaan. Tämän järjestelmän voi antaa liikkua vapaasti tuulen suuntaan öljyn edellä, ja koska öljyn liikkumisnopeus on huomattavasti suurempi kuin tämän järjestelmän, kerääntyy öljy V:n muotoisen puomin pohjalle. Moottoriveneillä voidaan tätä järjestelmää tietenkin hinata hitaasti öljyä vastaan, jolloin "osumatarkkuus" paranee ja öljy saadaan nopeammin vangittua.

Kun öljy on saatu vangittua suljetaan puomi ja öljyn poistaminen voidaan aloittaa esim. jollakin imulaitteella kuten kuvassa 9.

Kuva 10 esittää puomituksen asettamista vaurioituneen aluksen yhteyteen. Puomi on asetettava tuulen alapuolelle ja ennen kaikkea niin kauas aluksesta, että vesirajan alapuolella olevasta vuotokohdasta eivät vesivirrat kuljeta puomituksen ulkopuolelle öljyä.

Kuvassa 11 esitetään öljypuomin hinausta suojaisempaan paikkaan, sen jälkeen kun öljy on saatu vangittua, öljyn keräämistä varten.

Kuvat 12 ja 13 esittävät mahdollisia puomitustapoja öljysatamassa olevan aluksen purkauksen tai lastauksen aikana.

Jos öljysataman lähellä on jokin tärkeä raakaveden ottopaikka, kuva 14, olisi tämä suojattava kaksinkertaisella puomituksella öljyvuodon vaaran takia.

Jos öljy on jo päässyt johonkin lahteen, on öljyn leviäminen estettävä puomittamalla lahden suu, kuva 15.

Jos käytettävissä ei ole suojapuomia ja öljy uhkaa kaislaisia rantoja, on hyvä keino estää rannan suurempi saastuminen niittämällä kaislaa öljyn uhkamilla rannoilla, kuva 16. Vinoviivoitettu alue on niitettyä kaislaa, pystyviivoitettu on pystyssä olevaa. Saastunut kaisla on huomattavasti helpompi kerätä ja tuhota kuin puhdistaa rantaa.

Jos ei ole mahdollista vangita öljyä merellä, voidaan puomilla suojata rantoja kuvan 17 esittämällä tavalla. Kuvassa on puomin eteen levitetty kaislaa, turvetta tms. imeytysainetta öljyn tahraamisvaikutuksen eliminoimiseksi.

Jos tehdasvalmisteista puomia ei ole nopeasti saatavissa, voidaan rajoitetussa määrin käyttää tilapäispuomeina puunrunkoja tms. tai valmistaa puomia oljista ja verkkomateriaalista, kuvat 18 ja 19. Kuvassa 18 on sidottu olkia tms. sylinterinmuotoiseksi putkeksi. Putken pituussuuntaan kulkee naru, joka ottaa vastaan vetorasitukset ja toimii olkisylinterien yhdistäjänä. Hätätilanteessa voi kuvan 18 esittämää puomia käyttää sellaisenaan, mutta jos on hieman



enemmän aikaa, on suositeltavaa sitoa ympärille esim. muovista valmistettu verkko kuvan 19 tapaan.

#### 4.2.3 Tartunta- ja imeytysaineet

Veden pinnalla olevan öljyn liikkeiden rajoittamiseksi ja öljyn sitomiseksi voidaan käyttää joko tartunta- tai imeytysaineita.

Tartunta-aineiden — kuten jo nimikin sanoo — periaatteena on tartuttaa öljy pintaansa ja näin tehdä keräily helpommaksi. Tällaisina tartunta-aineina voidaan käyttää kuivaa heinää tai olkia, markkinoilla on myös kotimaassa valmistettuja tartunta-aineliuskvoja. Tartunta-aineen teho riippuu öljyn laadusta, tartuntapinta-alasta, -aineesta ym. seikoista. Esimerkiksi oljet keräävät itseensä 8—30 kertaa oman painonsa öljyä (16). Tällaista tartunta-ainetta käytettäessä on öljyä ja tartunta-ainetta sekoitettava voimakkaasti hyvän tartuntatehon aikaansaamiseksi ja tällä menetelmällä voidaan usein menestyksellisesti hoitaa pienet öljyvuodot suojaisissa paikoissa. Tartunta-aineita käytettäessä on hyvä muistaa, että ne saattavat upota jos ei niitä pian kerätä vedestä sekä jos vedestä nostettujen tartuntaliuskojen annetaan olla pidemmän aikaa huomiotta, niihin tarttunut öljy irtaantuu ja valuu maahan, jolloin saatetaan saastuttaa pohjavesiä.

Tartunta-aine ja öljy olisi siis syytä mahdollisimman nopeasti tuhota esim. polttamalla.

Toinen mahdollisuus öljyn sitomiseksi on imeyttää se johonkin sopivaan aineeseen. Vaatimuksena tällaiselle aineelle on että sen tulisi imeä öljyä muttei vettä. Tähän tarkoitukseen käytetyt aineet ovat huokoisia ja kelluvia ja niiden vaikutus perustuu pinnan kastumiseen ja kapillaari-ilmiöön.

Kuten jo edellä tartunta-aineiden yhteydessä tuli mainittua, näiden aineiden käyttöön liittyvät oleellisesti mm. seuraavat työvaiheet: levitys, saastuneen aineen keräily ja hävittäminen. Näiden työvaiheiden järjestelystä riippuu kannattaako imeytysaineita käyttää ja mitä ainetta käytetään.

Imeytymisainetta voidaan käyttää rummun tai päättömän hihnan päällysaineena, kuva 20, jolloin k.o. laite on osittain upotettuna veden alle ja pyöriessään ottaa mukaansa osan öljystä, joka toisessa päässä puristetaan pois, ja hihna tai rumpu tekee uuden kierroksen ottaen öljyä jne. Tämän tyyppistä laitteista tulee vielä myöhemmin puhe.

Toinen mahdollisuus imeytymisaineiden käyttöön on levittää sitä jauhona, palasina tms. veden pinnalle, antaen sen imeä itseensä öljyä ja sitten kerätä saastunut aine pois.

Imeyttämisaineiden käyttö rajoittuu toistaiseksi puhdistustöihin ja suojaisilla vesillä tapahtuvaan öljyntorjuntaan, avomeritorjuntaan ei menetelmä nykyisissä muodoissaan vielä sovi.

Ensimmäinen kerta jolloin imeyttämisainetta käytettiin laajemmassa mittakaavassa oli todennäköisesti silloin kun ranskalaiset käyttivät 20.000 tonnia sahanpurua ja puuhaketta "TORREY CANYON'in" tuhoutumisen yhteydessä. Imeytymisaine levitettiin suoraan kelluvan öljyn päälle, mutta koska sopivia keräilymenetelmiä ei ollut, tuuli ja merivirratt ajoivat tämän seoksen Pohjois-Ranskan rannikolle, josta se oli poistettava melkein käsityönä. Tässä tapauksessa oli kyseenalaista, aiheuttiko imeyttämisaineen käyttö muuta kuin käsiteltävän ainemäärän lisäystä.

Samanlainen huomautus on ehkä tehtävä olkien käytöstä poraustorni "SANTA BARBARA'n" onnettomuuden yhteydessä USA:n rannikolla. Näiden olkien kerääminen oli melkein käsityötä, vaikka erilaisia maatalouskoneita oli käytössä.

Näiden kahden esimerkin tarkoituksena on tähdentää, että mielivaltaisen imeyttämisaineen käyttö ei tuo ratkaisua merellä tapahtuvaan öljyntorjuntaan.

Suojaisilla vesialueilla on tilanne kuitenkin toinen. Täällä on mahdollista levittää imeyttämisaine pienistä veneistä ja antaa aineen keräytyä tuulen ja virtojen vaikutuksesta puomia vasten tai muuhun haluttuun paikkaan. Täällä voidaan käyttää myös imeyttämisaineella täytettyä kertakäyttöpuomia, joka on valmistettu kuvan 19 tapaan.

Imeyttämisaineen valinta perustuu sen hintaan, helppoon saantiin ja tehokkuuteen (18). Imeyttämiskyky perustuu pääasiallisesti öljyn ja imeyttämisaineen väliseen pintajännitykseen ja öljyn viskositeettiin. Toisin sanoen, öljyn täytyy imeytyä aineeseen siten, ettei jatkuva upoksissa olokaan aiheuta öljyn syrjäytymistä vedellä. Pinnan alan tulisi myös olla suuri, joka viittaisi siihen, että paras ainetyyppi olisi sellainen jossa olisi pieniä huokoisia paloja niin kuin esimerkiksi muovinpalaset. Mutta jos huokokset ovat kapeita tai syviä, suuremman viskositeetin omaavat öljyt eivät niihin imeydy. Paksuille öljyille tuntuisikin sopivan paremmin aine, jossa imeytyminen tapahtuisi ulkoisesti kiütuja pitkin. Ristiriitainen vaatimus on se, että imeyttämisaineen tulisi pitää öljy sisällään vaikka se nostetaan vedestä pois. Aineet, jotka helposti imevät öljyä, saattavat myös liian helposti päästää sen pois. Näiden ominaisuuksien välillä on löydettävä sopiva tasapaino, vaikka öljynpitokykyä ylös nostettaessa voidaan auttaa siten, että imeyttämisainetta yliannostetaan, jolloin se ei ole kyllästettyä.

Imeyttämisaineen vettä hylkiviä ominaisuuksia voidaan teoriassa parantaa käsittelemällä niitä vettä hylkivillä aineilla kuten vahoilla, silikoneilla, tms., mutta käytännössä tällainen käsittely tulee liian kal-



liiksi. Käytännössä voidaan usein käyttää erilaisia luonnon tuotteita.

Imeyttämisaineita on erittäin suuri määrä. On olemassa luonnonaineita, kuten oljet, heinät, kaislat, sokeriruoko tms., joita kaikkia on joskus käytetty onnistuneesti öljyvahinkojen torjuntaan. Niiden öljynsidontakyky perustuu lähinnä siihen, että öljy jää niiden ristikkäisten kuitujen väliin eikä kyseessä ole tällöin kapillaari-ilmiö. Nämä luonnonaineet keräävät 5—10 kertaa painonsa öljyä, mutta erityisesti kevyemmät öljyt saattavat valua pois vedestä nostettaessa. Niillä on myös taipumus imeä vettä ja upota veden alla olon jälkeen.

Sahanpuru ja puulastut ovat myös mahdollisia imeyttämisaineita, koska niitä on melkein kaikkialla saatavissa, mutta jos niitä ei käsitellä vettä hylkivällä aineella, imevät ne vettä ja uppoavat. Männynkaarnaa on myös joissakin paikoissa saatavissa imeytämistarkoitukseen, mutta sillä on sahanpurun edut ja haitat.

Erikoiskuivattu turve on erinomainen imeyttämisaine. Oinaisuuksiltaan se on parhaisiin aineisiin verrattavissa ja hinnaltaan vain murto-osa niiden hinnasta. Erikoiskuivattua turvetta on Suomessa helposti saatavissa ja se muodostaakin esimerkiksi merenkulkuhallituksen imeyttämisaineverastojen rungon. Turve on pakattu käteviin 170 l vetoisiin muovisäkkeihin, joihin on puristettu 400 l turvetta. Erikoiskuivatun turpeen ominaisuuksista saa käsityksen taulukosta 2.

Eräillä luonnon tai käsitellyillä mineraaleilla on huokoinen rakenne kuten kiillemäisellä vermikuliitilla. Vulkaanista tuhkaa, hohkakiveä, lasivillaa ja vuorivillaa on joskus käytetty tähän tarkoitukseen. Monet keinotekoiset polymeerit, kuten polyuretaani, ovat sopivia imeyttämisaineita. Niiden öljynimemis-

kyky perustuu lähinnä samaan ilmiöön kuin olkien. Eräät aineet kuten juuri polyuretaani voidaan valmistaa paikan päällä sekoittamalla kahta kemikaalia jolloin seos alkaa heti laajeta. Suuresta polyuretaanimöhkäleestä voidaan sitten leikata halutun kokoisia paloja. Tällaisten aineiden varastointi ja kuljetus on helppoa, mutta haittana on korkea hinta.

On todettava, että mitään ylivoimaisesti parasta imeyttämisainetta ei ole. Aineen valinnassa on siis otettava huomioon tehokkuus, hinta ja hankinnan helppous; niinpä teknisesti alkeellisemmalla aineella saattaa olla suurempi teho/hintasuhde kuin pitkälle kehitetyillä tuotteilla käytännössä.

Kuten edellä on jo todettu, on turve Suomen olosuhteissa erittäin käyttökelpoinen ja halpa imeyttämisaine. Sen käyttökelpoisuutta lisää vielä mahdollisuus polttaa öljyä veden päällä, josta tulee myöhemmin puhe.

Seuraavissa taulukoissa 2, 3 ja 4 annetaan eräitä tietoja mahdollisista imeyttämisaineista. On huomattava, että taulukoissa 3 ja 4 on käytetty imeyttämiskyvyn mittana painosuhdetta gr öljyä/gr imeyttämisainetta. Tämä on osittain harhaanjohtavaa, koska se ilmeisesti suosii eräitä keinotekoisia ominaispainoltaan erittäin kevyitä aineita. Itse imeyttämisen kannalta on taulukossa 2 annettu suhde  $\text{dm}^3$  öljyä/ $\text{dm}^3$  imeyttämisainetta, ainoa oikea. Edellä esitetty väite on helppo todistaa, koska jos ajattelemme noin puolta litraa öljyä, niin siihen tarvitsemme noin litran imeyttämisainetta huolimatta siitä, kuinka kevyttä tai raskasta tämä aine on. Yleisemmillä imeyttämisaineilla em. suhde vaihtelee 0,4—0,6 välillä.

Seuraavien taulukoiden perusteella voi siis summattaisesti arvioida kuinka tehokasta jokin aine on tietyissä olosuhteissa.

Taulukko 2: Turpeen imeyttämiskyky verrattuna eräisiin muihin aineisiin. (VTT:n tutkimus)

Imeyttämisaine	Kosteus % kuiva-arvosta	Tilavuus paino $\text{gr}/\text{dm}^3$	Öljyn sitomiskyky $\text{dm}^3/\text{dm}^3$	Aineisiin imeytyneet öljy- ja vesimäärät veden pinnalla olevasta öljykerroksesta	
				$\text{dm}^3$ öljyä/ $\text{dm}^3$ ainetta	$\text{dm}^3$ vettä/ $\text{dm}^3$ ainetta
1) Turve	24	77	0.57	0.40	
Ilmakuivattu					0.20
Keino-	7	80	0.65	0.54	0.12
kuivattu					
2) ”Vulkaani-	16	188	0.60	0.52	0.10
nen lasi	1	70	0.46	0.46	0.06
3) Vaahto-		10	0.41	0.35	0.05
muovirouhe					
4) Lasi-	1	100	0.48	0.48	0.06
villa					

Taulukko 3: Veden vaikutus imeyttämiskykyyn. (Amerikkalainen tutkimus)

Aine	Ravistettu merivedessä 6 t jälkeen Bunker C-öljyn lisäämisen		Ravistettu merivedessä 6 t ennen Bunker C-öljyn lisäämistä	
	vesi-öljy suhde	öljyn pitokyky vedestä nostettaessa, %	kelluvuus 6 t ravistuksen jälkeen	öljyn sitomiskykyjen suhde, ennen/ jälkeen vesi- ravistuksen
perliitti	0.35	71	kelluu	1.0
vermikulitti	0.18	82	uppoaa	0.2
vulkaaninen tuhka	2.38	85	kelluu	0.8
maissin tähtkä, hienonnettu	0.62	96	uppoaa	1.0
pähkinän kuori, hienonnettu	0.82	58	”	0.8
punapuun kuitu, revitty	1.05	78	”	0.4
sahanpuru	3.14	83	”	1.0
vehnän oljet	0.83	98	”	0.9
selluloosakuidut	0.70	92	”	1.0
Polyuretaanin vaahdot:				
A. polyeetterityyppinen, revitty	1.01	66	kelluu	0.6
B. polyeetterityyppinen, 1/2" kuutiot	1.04	89	”	0.7
C. polyesterityyppinen, verkkomainen	0.24	83	”	0.6
Karbamidiformaldehydivahto	1.10	97	”	0.2
Polyetyleenikuidut:				
A. villatyypinen	0.68	65	kelluu	1.0
B. levy, takkuinen	0.28	99	”	1.0
C. jatkuva aine, ei-kudottu	0.06	98	”	0.7
Polypropyleenikuitu, ei-kudottu	0.73	68	”	1.0
Polystyreenijauhe	3.25	90	”	1.0
Polystyreenilastut	3.04	64	”	1.0

Taulukko 4: Suurin öljyn imeyttämiskyky gr öljyä/gr imeyttämistäinetta (jatkoa taul. 3:een, amerikkalainen tutkimus)

Koeöljyn viskositeetti 77°F, cS ominaispaino 77°F	28000 0.942	2600 0.977	7.8 0.854	3.1 0.856
perliitti	4.6	4.0	3.3	3.0
vermikulitti	4.3	3.8	3.3	3.6
vulkaaninen tuhka	21.2	18.1	7.2	5.0
maissin tähtkä, hienonnettu	5.7	5.6	4.7	3.8
pähkinän kuori, hienonnettu	5.8	4.3	2.2	2.2
punapuun kuitu, revitty	14.7	11.8	6.5	6.4
sahanpuru	3.0	3.7	3.6	2.8
vehnän oljet	5.8	6.4	2.4	1.8
selluloosakuidut	18.6	17.3	11.4	9.0
Polyuretaanivaahdot:				
A. polyeetterityyppinen, revitty	72.7	74.8	60.0	48.7
B. polyeetterityyppinen, 1/2" kuutiot	72.7	52.4	50.3	47.8
C. polyesterityyppinen, verkkomainen	30.3	24.5	30.6	27.5
Karbamidiformaldehydivahto	72.7	52.4	50.3	47.8
Polyetyleenikuidut:				
A. villatyypinen	37.0	27.8	19.7	16.1
B. levy, takkuinen	18.6	17.6	11.9	10.6
C. jatkuva aine, ei-kudottu	46.0	36.7	45.4	36.2
Polypropyleenikuitu, ei-kudottu	21.7	18.1	6.9	4.8
Polystyreenijauhe	23.4	21.7	20.4	5.8
Polystyreenilastut	8.8	7.4	6.6	4.7



#### 4.2.4 Kehittyvät menetelmät

On ehdotettu, että eräs mahdollinen keino öljyn leviämisen estämiseksi olisi käyttää hyytelöivää kemikaalia, joka hyydyttäisi öljyn joko vaurioituneen säiliölaivan tankissa tai merellä, kun öljy on jo päässyt vapaaksi.

Tutkimusten tuloksena USA:ssa on jo kehitetty muutamia säiliöaluskäyttöön sopivia kemikaaleja. Kuitenkin jokaisen lastin hyydyttäminen ja nesteyttäminen purkausta varten tulisi niin kalliiksi, ettei menetelmää nykyisessä muodossaan voi ajatella. Toinen vaihtoehto on se, että vaarassa olevassa tai jo karille ajaneessa säiliöaluksessa suoritettaisiin tämä hyydyttäminen. Hyydyttäminen vaatii kuitenkin niin voimakasta sekoitusta johon vain lastipumput kykenevät, eivätkä ne ole aina vaaratilanteessa käyttökunnossa. Saattaa kuitenkin olla, että tätä ajatusta edelleen kehitettäessä tullaan tyydyttävään ratkaisuun.

Merellä kelluvan öljyn hyydyttämiseen on ehdotettu erilaisia aineita (15). Tässä tapauksessa pulmana on aineen levittäminen öljyn päälle ja sekoituksen aikaansaaminen. Vaikka tämä menetelmä estääkin öljyn leviämisen, on jäljellä vielä öljyn kerääminen ja hävittäminen. Pulmat ovat siis samat kuin imeyttämisaiteiden yhteydessä.

Kuten edellä olevasta on käynyt ilmi, ei tämä menetelmä nykyisessä muodossaan tuo mitään oleellista parannusta verrattuna käytössä oleviin menetelmiin. Saattaa kuitenkin olla, että tulevaisuuden kehitys tuo uusia näkymiä tämän menetelmän kohdalla.

### 4.3 MEKAANISET POISTOMENETELMÄT

#### 4.3.1 Imulaitteet

Tavallisin menetelmä öljyn erottamiseksi vedestä on asettaa eräänlainen pato veteen siten, että öljy valuu padon yli mutta vesi ei. Jos öljykerros on paksu ( $> 0.5$  cm) ja veden pinta tyyni, öljyn erottaminen tapahtuu tehokkaasti. Kun öljykerros on ohut, on tämän padon asettaminen vaikeampaa ja vaatii erikoistekniikkaa jota ei ole vielä täysin kehitetty. Aallokossa useimmat nykyisin saatavissa olevat laitteet ovat epätydyttäviä, koska upoksissa ollessaan ne imevät vain vettä ja aallon harjalle noustessaan imevät ilmaa ja vain hyvin lyhyen ajan saavat imettyä öljyä.

Kuitenkin monissa tapauksissa satamissa, telakoilla, suojaisilla vesillä ym. yksinkertaisetkin edellä kuvatut tapaiset laitteet voivat osoittautua tehokkaiksi.

#### 4.3.2 Pintakuorijat

Pintakuorijoita on kehitetty mitä moninaisempia, näistä muutamina esimerkkeinä kuvat 21—25. Yleen-

sä ne on rakennettu siten että niissä on jokin säädettävä osa, jolla imupäätä voidaan nostaa tai laskea öljy/vesi rajapinnan mukaan. Aaltojen vaikutuksen eliminoimiseksi on kehitetty erilaisia tasapainoittavia laitteita.

Tässä yhteydessä ei ole mahdollista luetteloida kaikkia markkinoilla olevia laitteita, vaan on tyydyttävä yleisiin periaatteisiin ja muutamiiin esimerkilaitteisiin.

Imuaukon pituutta on ilmeisesti rajoitettava edellisessä kohdassa sanotun perusteella.

On kuitenkin todennäköistä, että kaikesta huolimatta vettä on suurin osa imetystä nesteestä. Tämän takia on imetty nesteseos useimmiten separoitava, muutenhan voidaan joutua kuljettamaan melkein pelkkää vettä. Separoiminen voi tapahtua esimerkiksi ominaispainoeroitimmella, kuva 27, tai yksinkertaisemmin öljynkeruusäkillä, kuva 28, jonka alaosassa on tyhjennysletku.

Tämä separointipulma myös osoittaa sen tosiasian, että koska pintakuorijat toimivat parhaiten kun öljykerros on riittävän paksu, mitä paksumpi öljykerros on, sitä yksinkertaisemmalla laitteella tullaan toimeen. Joissakin tapauksissa kelpaa pelkkä loka-auton tms. imuletku.

Kuva 21 esittää erästä kellukkein varustettua pintakuorijaa ja kuva 22 erästä toista saman ajatuksen sovellutusta. Kuvassa 23 on kätevä kelluva pumppu ja imupää. Tämän tyyppisiä laitteita käytettäessä on öljyn viskositeetti huomion arvoinen tekijä, sillä raskaimmat öljyt saattavat tukkia imuputket. Tämä viittaisi siihen, että nämä laitteet soveltuvat parhaiten kevyimmille öljyille. Laitteista, jotka soveltuvat myös erittäin raskaille öljyille, tulee myöhemmin puhe. Parhaimmat edellä esitetyistä pintakuorijoista pystyvät tyynellä ilmalla kuorimaan jopa muutamien sadasosamillimetrien öljykerroksia.

Kuva 24 esittää Ranskassa kehitetyn öljynkeräilijän periaatetta. Kyseisessä laitteessa oleva potkuri aiheuttaa alaspäin suuntautuvan pyörteen, ja näin syntyvään "kuoppaan" keräytyy öljy josta se on helppo imeä pois. Avomerikokeissa on tällä laitteella saavutettu yli 60 %:n keräilytulos.

Kuva 25 esittää hihnakuorijaa. Hihna on valmistettu metallista, ja se ottaa pyöriessään mukaan öljyä, jonka sitten erikoinen terä kuorii hihnan pinnalta säilöön. Tällä laitteella on muutamia rajoituksia, ensinnäkin laite on hidas paksumpien öljykerrosten ollessa kyseessä, toiseksi toiminta aallokossa ei ole tyydyttävä. Lisäksi hihnan leveys on rajallinen, ehkä metrin-pari, joten laitteen yhteydessä on paremman tehon saavuttamiseksi käytettävä rajoituspuomia.

Tässä yhteydessä vielä muutama sana öljyn separoimisesta. Kuten sanottu useimmat laitteet ime-



vät pakostakin suuria määriä vettä. Yksinkertaisimpien öljy/vesi separaattorien (kuva 28) erotusnopeus riippuu öljypisaran koosta ja kuten tunnettua, mitä pienempi pisara, sitä hitaampi nousu. Tämän takia ei ole samantekevää millaisella pumpulla öljyvesiseosta pumputaan. Jos käytetään suuritehoisia nestettä vatkaavia pumppuja, kuten nopeita keskikapopumppuja, saattaa muodostua sellaisia vesi-öljyemulsioita jotka eivät painovoiman avulla separoidu ja jotka on vaikea hävittää. Käytettäväksi pumpuiksi soveltuvat, öljystä riippuen, alipaine-, hammasratas-, ruuvi-, kalvo-, hitaat mäntä- yms. ”hellävaraiset” pumput.

### 4.3.3 Osittain imeyttämistä hyväksi käyttävät laitteet

Kuten taulukosta 3 ja 4 kävi ilmi, ovat polymeroituneet vaahtomuovit hyviä imeyttämisaineita ja niiden teho on melkein riippumaton öljyn viskositeetista. Vaahtomuovit kuitenkin imevät myös halukkaasti vettä mikä aiheuttaa eräitä hankaluuksia sovellettuina mekaanisiin laitteisiin. Toisaalta, kuituiset materiaalit kuten polypropyleeni, ovat tehokkaampia raskaiden öljyjen kohdalla eivätkä ime vettä kovin halukkaasti.

Nämä tosiseikat ovat vaikuttaneet öljyn poistamiseksi kehitettyihin laitteisiin. Laitteita on periaatteessa kahta tyyppiä, ensiksikin, pääasiassa kevyiden öljyjen poistoon kehitetyt (kuva 20) joissa rumpu tai päättymätön hihna imee öljyn joka sitten puristetaan pois valssilla. Toinen laitetyyppi perustuu öljyn tarttumiseen (kuva 25) ja soveltuu paremmin raskaille öljyille.

Ensin mainitun laitetyypin käytössä on muutama huomionarvoinen seikka. Imeyttämisaineen on oltava öljykerroksen kanssa tarpeeksi kauan kosketuksessa, jotta se ehtisi imeä öljyä, mikä seikka rajoittaa laitteen käyttönopeutta. Käyttönopeutta voidaan tietenkin parantaa pidentämällä hihnaa — tällä hetkellä on jo olemassa laite jossa hihnan pituus on yli 100 m — mutta tällöin laite tulee monimutkaisemmaksi ja hankalammaksi käyttää. Sopivan hihnamateriaalin löytäminen ja hihnan konsturointi eivät ole mitään helppoja tehtäviä. Hihnan on oltava hyvin öljyä imevä ja kuitenkin tarpeeksi kimmainen jotta se kestäisi jatkuvat valssaukset. Itse asiassa mikään hihnamateriaali ei ole ikuinen, vaan sen käyttöikä riippuu huollosta, öljyn laadusta, puristuspaineesta ja kierrosten lukumäärästä. Tähän mennessä parhaimmaksi materiaaliksi on havaittu polypropyleenikuidut, jotka ovat erikoiskudotun kangasmaton alla. Kuten edellä on sanottu, tämän tyyppiset laitteet soveltuvat parhaiten kevyille öljyille, öljyn viskositeetin kasvaessa se ei jaksa imeytyä k.o. aineeseen, vaan ainoastaan tarttuu pintakerrokseen.

Tässä tapauksessa ei enää kannata käyttää imevää materiaalia, vaan kestävämpää tartuntaperiaatteella toimivaa pintaa. Monen tapaisia laitteita onkin kehitetty, yksinkertaisista pyörivistä teräsrummyista kehittyneimpiin keinokumisia hihnoja käyttäviin (kuva 26) asti. Tämän tyyppiset laitteet keräävät melkein vedetöntä öljyä, mutta keruunopeus on suhteellisen pieni. Koska laitteen kokokin on käytännöllisistä syistä rajoitettu, soveltuvat nämäkin parhaiten käytettäväksi rajoitetuilla alueilla, missä öljykerros on paksu.

Kanadalaiset käyttivät siellä v. 1970 sattuneen säiliöalus ”ARROW’in” katkeamisen aiheuttaman saasteen keräilyssä kuvan 26 laitetta, jonka lopullisessa versiossa oli keinokumihihna. Tässä hihnassa oli myös urat jotka auttoivat saastuneiden kaislojen, merilevien yms. kiinteämpien aineosasten keräilyssä. Onnettomuudesta tehdyssä kolmiosaisessa raportissa kanadalaiset väittävät laitteen olleen erittäin tehokkaan heidän kylmissä oloissaan hyvin sitkeän öljyn keräilyssä.

### 4.3.4 Muut laitteet

Ruotsissa kehitetään parhaillaan laitteistoa, joka perustuu troolauksen ajatukseen. Tässä kahden aluksen väliin on vedetty puomi V-muotoon, ja puomin pohjalla on eräänlainen trooli, johon öljy kerääntyy ja josta se voidaan jollakin menetelmällä poistaa. Laitteisto soveltuu parhaiten imeytetyn tai raskaan öljyn poistamiseen.

Tervamaisten öljykkokareiden, imeytetyn öljyn, saastuneiden kaislojen yms. keräilyn koneellistamiseksi on kehitetty eri tyyppisiä aluksia, esimerkkeinä ovat kuvan 29 saksalainen alus ja kuvan 30 amerikkalainen alus. Tämän tyyppisissä aluksissa on yleensä jonkinlainen harava tai kauha jolla kerääminen suoritetaan. Eräät alukset soveltuvat sekä auto- että helikopterikuljetukseen. Toisissa malleissa on myös öljyn separoiminen mahdollista. Näillä aluksilla on se etu, että niitä voidaan käyttää myös muunlaisten kelluvien roskien keräämiseen esim. satamissa. Hinnaltaan nämä alukset ovat niin korkeita että sellaisen hankkiminen edellyttää että niitä voidaan tehokkaasti käyttää suurimman osan vuodesta, siis joissakin suurimmissa satamissa saattaisi tällaisen hankkiminen olla perusteltua.

## 4.4 MUUT POISTOMENETELMÄT

### 4.4.1 Polttaminen

Pelkän veden päällä kelluvan öljyn polttaminen on käytännössä melkein mahdotonta. Kuten tiedämme, öljyt, varsinkin sellaiset joilla on pieni viskositeetti, leviävät nopeasti veden pinnalla. Näin ollen



tulee poltettavan öljykerroksen paksuus pieneksi. Tätä leviämisenopeutta vielä kasvattaa se seikka, että jos öljy on saatu jossakin paikassa syttymään, palamisen aiheuttama kuumuus pienentää öljyn viskosi-teettia. Näin ollen, koska öljykerros on ohut, on sen alla olevan vesimassan jäähdyttävä vaikutus suuri. Lisätekijänä on pinta-alan suuruudesta johtuva kevyempien (ja paremmin palavien) aineosasten nopea haihtuminen.

Edellä kuvattujen vaikeuksien voittamiseksi on kehitetty öljyn palamista auttavia aineita. Nämä aineet voidaan jakaa kahteen ryhmään, sytykkeisiin ja palamissydämiin.

Sytykkeet ovat kemiallisia seoksia, jotka syttyvät itsestään joutuessaan veden kanssa kosketuksiin, näin yksinkertaistaen sytyttämistä, mutta jotka usein palavat voimakkaasti vain lyhyen ajan. Sytykkeen palamisen aikana öljy kylläkin palaa mutta kun sytykeaine on palanut loppuun öljynkin palaminen lakkaa. Yleensä tilanne on niin, että kun öljyä voidaan polttaa, se saadaan helposti syttymään ilman sytykeaineitakin, ja kun öljykerros on ohut, eivät sytykeaineetkaan auta. Sytykeaineiden varastointi on myös ongelma, koska ne saattavat syttyä jo ilman kosteudenkin vaikutuksesta. Hollannissa on tehty kokeita siellä kehitetyllä sytykeaineella, jolloin 10 tonnin raakaöljyerän polttamiseen käytettiin n. 200 kg sytykeainetta.

Palamissydänaaineiden käyttö on toinen mahdollinen tapa auttaa palamista. Nämä aineet toimivat lampun sydämen tavoin nostaen poltettavan öljyn veden pinnan yläpuolelle näin vähentäen veden jäähdytysvaikutusta. Tähän tarkoitukseen soveltuvat yleensä kaikki imeyttämisaaineet, joista Suomessa on ensi sijalla erikoiskuivattu turve.

Öljysaasteen hävittäminen polttamalla turpeen avulla on kotimainen menetelmä, jota käytännön kokeitten avulla on kehitetty ja hyvällä menestyksellä käytetty sattuneiden suurimpien öljyvaurioiden torjunnassa.

Polttaminen turpeen avulla perustuu turpeen suureen imukykyyn ja aineita sitoviin ominaisuuksiin. Erikoisturve on tehty vettä hylkiväksi, mutta öljyä imeväksi. Alkulämmön aikaansaamiseksi kostutetaan turve Pö 1:llä. Näin saadaan aikaan riittävä paikallinen kuumuus aikaan, kunnes myös raakaöljy syttyy. Turve imee sen jälkeen jatkuvasti lampun sydämen tavoin öljyä vedestä.

M/t Rafaelin karilleajon yhteydessä, Porvoon saaristossa joulukuussa 1969, mereen vuotaneen öljyn hävittämistyö suoritettiin erittäin kovissa talvisissa olosuhteissa. Pakkanen laski ajoittain —22 asteeseen ja kostea merituuli vaikeutti miehistön toimintaa (kuva 36). Ainoaksi torjuntakeinoksi osoittautui juuri

polttomenetelmä, koska talven tulo ja meren jäätyminen estivät muiden menetelmien käytön.

Paloturvallisuuskohdat ja paikalliset olosuhteet rajoittavat useasti polttamista ilman erikoisjärjestelyjä. Öljyn polttaminen välittömästi vauriopaikan läheisyydessä tai aavalla ulapalla puomin avulla, estäisi rantoja saastumasta ja säästäisi kalliita puhdistustoimia. Tämäkin on mahdollista, mikäli käytössä on tulenkestävästä aineesta valmistettu puomi, joka estää kuumentuneen öljyn leviämisen. Onnistuminen on tietenkin yhtä riippuvainen vallitsevista sääolosuhteista kuin muidenkin menetelmien kohdalla.

Oikein suoritettuna polttaminen on varmasti eräs tehokkaimmista sekä myös halvimista torjuntakeinoista. Meidän oloissamme saattaa olla niin, että ainoa keino on juuri öljyn poltto määrättyissä tilanteissa. Tällä menetelmällä, kuten muillakin on haittavaikutuksia, mutta päätöstä tehtäessä on torjuntajohdon kussakin tapauksessa tarkasti harkittava eri vaihtoehtojen seurauksia.

Polttomenetelmästä tulee vielä V kohdassa uudelleen puhe.

## 4.4.2 Emulgointi

### 4.4.2.1 Yleistä

Emulgoiminen tarkoittaa öljyn saattamista pieniksi pisaroiksi veden pintajännitystä alentamalla ja voimakkaan mekaanisen sekoituksen avulla, jolloin öljy muodostaa veden kanssa maitomaisen seoksen. Öljy ei häviä, vaan jää veteen pitkiksi ajoiksi pienen pieninä pisaroina haitaten mahdollisesti jonkin verran elämistää ja kasvillisuutta. Tätä menetelmää on paljon käytetty lämpimissä valtameriolosuhteissa, mutta nyttemmin on havaittu entistä paremmin niiden eräät haittavaikutukset. Emulgoiminen suoritetaan tavallisesti siten, että aluksesta suihkutetaan pisaroina joko veteen tai liuottimiin sekoitettua emulgointiainetta öljylautan päälle levitysvarsien suuttimen avulla (kuva 31 A).

Teoriassa pitäisi aineen saada vaikuttaa öljyyn joi-takin minuutteja, mutta käytännössä tapahtuu miltei heti eräänlainen sekoitus aallokon ja aluksen aiheuttamien aaltojen vaikutuksesta. Jos aine joutuu suoraan veteen, menettää se öljyä dispergoivan vaikutuksensa. Tärkein vaihe on voimakas mekaaninen sekoitus, jonka avulla saadaan öljypisaroita veteen, eikä päinvastoin vesipisaroita öljyyn, josta muodostuu hankala "suklaapuuro". Onnistuminen on kyseenalaista öljyn ollessa jäykkää kylmissä vesissä, me, vaikka tarvittava voimakas sekoitus saataisiinkin aikaan. On tarkoitus, että hienojakoinen öljy haajantuu laajalle ja leviää vesivirtojen mukana sekä



hajoaa bakteeritoiminnan avulla biologisesti hitaasti kylmässä vedessä ja hapettumalla kemiallisesti.

Käytännössä on vaikeata saada pitkäaikaista kestävää öljy-vedessä-seosta aikaan, vaan suhteellisen lyhyen ajan kuluttua voi öljy-liuotinaise-seoksesta osa nousta veden pinnalle vaatien uuden sekoitusoperaation.

Öljytuotteet muodostuvat suuresta määrästä erilaisia hiilivetykomponentteja, joiden myrkyllisyys vaihtelee.

Yleisesti voidaan sanoa, että öljyfraktioiden myrkyllisyys on verrannollinen kiehumapisteeseen; mitä alhaisempi kiehumapiste, sitä myrkyllisempi ja helpommin veteen liukeneva aine on. Bentseeni on myrkyllinen monille kalalajeille jo pitoisuudessa 10...40 ppm. tolueenilla ja ksyleenillä vastaava raja on 50...65 ppm. Tätä myrkyvaikutusta on käytetty hyväksi mm. hävitettäessä vedenalaisia kasveja, kun samalla on haluttu säilyttää vedenpäälliset kasvit. Pienimolekyylisillä hiilivedyillä on mm. havaittu olevan kaloihin narkoottinen vaikutus. Ellei pitoisuus ole liian suuri, kalat toipuvat tämän nukuksen jälkeen. Toisaalta on kalojen helppo paeta öljyvuorioalueelta. Paikoillaan olevat tai hitaasti liikkuvat eläimet ovat huonommassa asemassa. Monet niistä hankkivat ravintonsa siivilöimällä sitä vedestä, jolloin joko veteen emulgoitunut tai pieniin hiukksiin adsorboitunut öljy joutuu niiden ruoansulatus-eliimiin. Tämä voi aiheuttaa joko eliöiden kuoleman tai niiden ravinnonottokyvyn heikentymistä. Viime vuosina on öljyillä todettu olevan eräs kiusallinen ominaisuus. Ne eivät juuri muutu eläinten ruoansulatuskanavassa, vaan kulkeutuvat sellaisenaan ravintoketjussa saaliseläimestä petoeläimeen. Öljy kasautuu siten ravintoketjujen päihin saman periaatteen mukaan kuin esim. DDT. Vaikka kalat eivät suoraanaisesti kärsisi öljyn "syömisestä", voi tästä syntyä hankaluuksia kalojen markkinoinnissa, sillä öljyn on todettu aiheuttavan näiden lihaan voimakkaan ja varsin kauan pysyvän maun. On todettu jopa yli kuusi kuukautta kestäneitä makuvirheitä. Tästä syystä ei emulsioaineiden käyttö ole järkevää avomerelläkään, jos kyseessä on esim. silakan troolausalue.

Emulgoitaessa öljy periaatteessa pääsee alttiiksi tehokkaalle bakteerien aiheuttamalle hajotukselle. Öljystä aiheutuneet esteettiset haitat voidaankin näin poistaa, mutta tilalle tulee useita muita vaikeuksia. Emulgoitu öljy kuluttaa hajotessaan bakteerien avulla runsaasti happea ja voi näin ollen rajoitetuissa seisoissa vesialtaissa aiheuttaa happikadon. Emulsioaine tehostaa öljyn makua ja voi näin vaikeuttaa vesiläistosten toimintaa, mikäli öljy ajattelemattomasti emulgoidaan vesistössä, jota käytetään raakaveden ottoon. Monet emulsioaineet ja erityisesti niiden ja öljyn seokset ovat huomattavasti myrkyllisempiä

kuin öljy itse. Tätä emulgointiaineiden myrkyllisyyskysymystä on tutkittu intensiivisesti eri puolilla maailmaa, myös Suomessa, missä mm. vesihaltuuden ja Turun yliopiston Saaristomeren tutkimuslaitoksen yhteistyönä on valmistunut emulsioaineiden tutkimusseloste. Emulgaattorien myrkyllisyyden osalta nojaututaankin seuraavassa tähän raporttiin.

Emulgaattorin tärkein komponentti on ns. aktiivaine (detergentti, tensidi), jonka tarkoituksena on pienentää öljyn sekoitetuksi pieniksi pisaroiksi ja näin tavallaan veteen "liukenevaksi". Aktiivainetta emulgaattorissa on tavallisesti 10...25 %. Loppuosan muodostaa liuotinos, jonka tarkoituksena on alentaa paksun öljyn viskositeettia ja näin edistää aktiivaikeen sekoittumista ja pisaroiden muodostumista.

Liuotinos muodostuu tavallisesti erilaisista hiilivetyfraktioista. Lähes kaikki liuottimet sisältävät aromaattisia hiilivetyjä. Mitä suurempi aromaattien määrä on, sitä parempi on emulgointikyky.

Aikaisemmin mainitun Torrey Canyon'in onnettomuuden jälkien korjaamiseen levitettiin rannoille ja rantavesiin emulgaattoreita suunnattomia määriä. Cornwallin rannikolla niitä käytettiin n. 10 000 tonnia n. 14 000 öljytonnin emulgoimiseen. Öljyn ja emulgaattoreiden aiheuttamia vahinkoja ruvettiin intensiivisesti tutkimaan.

Tällöin huomattiin, että emulgaattorien käyttö aiheutti paljon enemmän vahinkoa kuin itse öljy. Eräin paikoin tuhoutui eläimistö ja kasvillisuus lähes täysin. Siellä missä emulgaattoreita ei käytetty, olivat vesi- ja rantaeliöstölle aiheutuneet haitat paljon pienemmät. Emulgoimisen todettiin myös levittävän öljyasteen pinnalta koko vesimassaan, jolloin se joutui kosketuksiin syvemmällä elävien eliöiden kanssa.

Edellä mainittujen laitosten yhteistoiminnassa tekemien myrkyllisyystestien tulokset ilmenevät oheisista taulukoista. Niissä on käytetty ns. TLM-lukua (median tolerance limit), joka merkitsee sitä, että kokeissa etsittiin sellaiset emulgaattorien pitoisuudet (ppm:nä lausuttuina), jotka tappoivat 50 % koe-kaloista (mutu) joko 24:n tai 48:n tunnin kuluessa. Emulgaattorit testattiin sekä 18 että 5 asteen lämpötiloissa (taulukko 5).

Samoin määritettiin TLM-arvot öljyn ja emulgaattorien muodostamille emulsioille (taulukko 6). Perusliuos valmistettiin sekoittamalla 2 g emulgaattoria ja 8 g venäläistä raakaöljyä ja laimentamalla seos merivedellä 100 ml:ksi. Liuosta ravisteltiin voimakkaasti n. 5 min, jolloin saatiin tyydyttävän hieno emulsio. Taulukossa mainitut TLM-arvot koskevat emulgaattoriosaa. Öljyn konsentraatio on siis kuskakin tapauksessa neljä kertaa suurempi.

Venäläisen raakaöljyn myrkyllisyyttä tutkittiin myös ilman emulgaattoreita. Akvaarioon lisättiin ölj-



Taulukko 5 TLm-luvut emulgaattoreille ppm:nä (mg/l) 18 ja 5 asteessa sekä 24 ja 48 tunnin kokeissa käyttäen koekalana mutua.

Emulgaattorit	18 °C TLm 24 h	18 °C TLm 48 h	5 °C TLm 24h	5 °C TLm 48 h
A	10 000	10 000	20 000	20 000
B	3 360 ... 7 500	1 360	10 000	10 000
C	1 250 ... 3 000	720	20 000	20 000
D	510	300	10 000	10 000
E	355	280	6 100	5 600
F	44	29,5	163	97
G	30	27,2	87	52
H	19,8	19,4	46	39
I	19,0	15,2	53	35
J	17,0	15,0	37	32
Aktiivi- aineet				
K	26,5	25,5	10 000	10 000
L	53	35	350	195

Taulukko 6 Emulgaattori + öljyseoksen myrkyllisyys ppm:nä.

Emulgaattori	Emulgaattori TLm 24 h	+ öljy 18 °C TLm 48 h
A	56	47
B	38	34
C	42	35
D	37	34
E	42	23,5
F	25,0	13,5
G	16,6	16,4
H	14,0	13,9
I	10,5	10,0
J	12,0	11,4
Aktiiviaineet		
K		15,2 14,4
L		16,8 11,1

jyä ja seosta sekoitettiin lasisauvalla noin puoli minuuttia. Jonkin ajan kuluttua vesi kirkastui ja öljy nousi pinnalle yhtenäiseksi kalvoksi. Öljyn konsentraatiot vaihtelivat 420:stä 1 800 ppm:ään. 48 tunnin koeaikana ei kaloissa havaittu mitään haittavaiikutuksia, vaan ne käyttäytyivät täysin normaalisti (taulukko 7).

Toisessa kokeessa laimennettiin öljy merivedellä n. 8 % liuokseksi. Tätä ravisteltiin intensiivisesti n. 10 min. ja syntynyttä emulsiota sekoitettiin akvaari-

Taulukko 7 Öljyn myrkyllisyys ppm:nä

Emulsio	18 °C TLm 24 h	18 °C TLm 48 h
Öljy pinnalla	1 800	1 800
Öljy sekoitettuna	1 000	1 000
Tislauspohja + A	240	240
Tislauspohja + J	32	28
Tislauspohja + I	18	13,5

rioon noin 100 ppm. Tällöinkin pääosa öljystä nousi melko nopeasti pintaan kalvoksi, mutta vesi jäi samean ruskeaksi. Nyt kuolivat kaikki koekalat jo 16 tunnissa (taulukko 7). Muutama koe tehtiin myös venäläisen raakaöljyn tislauspohjalla. Tällöin on öljystä tislattu pois alhaisissa lämpötiloissa kiehuvat fraktiot. Meressä pitemmän aikaa öljy muistuttaa ominaisuuksiltaan suuresti tätä tislauspohjaa, sillä öljyn kevyet osat haihtuvat öljykalvosta suhteellisen nopeasti.

Tislauspohja emulgoitiin samoin kuin venäläinen raakaöljy. Emulgoimiseen käytettiin kolmea eri emulgaattoria (taulukko 7).

Edellä olevista tuloksista voidaan päätellä, että kun emulgaattorit sekoitetaan raakaöljyn kanssa, kasvaa niiden myrkyllisyys huomattavasti. Erityisesti tämä koskee myrkyttöimpiä emulgaattoreita. Tuloksia huomataan, että öljy + emulsioaineseos on 20 ... 300 kertaa myrkyllisempi kuin emulgaattori yksin ja monta kertaa myrkyllisempi kuin veden pinnalla oleva öljy. Havaittiin myös, että veteen mekaanisesti sekoitettu öljy on myrkyllisempää kuin pinnalla oleva tai heikosti sekoitettu öljy. Öljyn myrkyllisyys näyttää kasvavan sitä mukaa, mitä hienomman emulsion se muodostaa.

Kun öljy emulgoidaan emulsioaineilla, öljyn ja veden välinen rajapinta suurenee. Tämä on omiaan lisäämään veteen liukenevien, myrkyllisten aineiden, esim. aromaattien liukenemista. Tämä voisi olla selityksenä sille, että myös "myrkyttömillä" emulgaattoreilla tehdyt emulsiot olisivat suhteellisen myrkyllisiä. Näin ollen voidaan olettaa, että myrkyllisyys johtuu emulgoidusta öljystä eikä emulgaattorista.

Emulgaattorien "myrkyttömyydestä" voi siis olla hyötyä vain jos sitä yliannostetaan eikä kaikki sekoitu öljyyn.

Edellä olevan perusteella on Vesihallitus antanut emulgointiaineiden käyttösuosituksen: (on huomattava, että kaikkia myytävänä olevia emulgaattoriaineita ei ole kokeiltu)

1. Järvet ja joet sekä sisämaa-alueet yleensä:

Öljy pyrittävä poistamaan mekaanisin keinoin eikä emulgaattorien käyttöä tule lainkaan sallia.

(Poikkeustapauksissa voidaan käyttö sallia vesien-suojeluviranomaisten luvalla).

2. Satama-altaat:

Mekaanisten keinojen osoittautuessa riittämättömiksi voidaan emulgaattoreja käyttää, tällöinkin lähinnä alusten ja laitteiden pesuun.

3. Sisäsaaristo:

Emulgaattorien käyttöä ei tulisi sallia. (Poikkeustapauksissa voidaan käyttö sallia valvontaviranomaisen luvalla.)



#### 4. Ulkosaaristo:

Mekaanisten keinojen osoittautuessa riittämättömiksi voidaan emulgaattorien käyttö harkinnan mukaan sallia. Käytölle on saatava öljynsuojaviranomaisten lupa.

Kaikkia tutkimuselosteissa mainittuja emulgaattoreita (Corexit 8666, Corexit 7664, BP 1100, NES-TE, VIHURI, TUE, Poly-Complex All ja Valke) voidaan käyttää. Valinta on suoritettava lähinnä emulgointiominaisuuksien mukaan. Käyttölämpötilan ollessa alle 10° C on huomioitava eräiden emulgaattorien (kuten esim. Corexit 7664) huomattavasti heikentynyt teho.

#### 5. Avomeri:

Mekaanisten keinojen loputtua kohdassa 4 lueteltuja emulgaattoreita voidaan käyttää öljynsuojaviranomaisten luvalla.

6. Rantojen puhdistus (vain saaristossa ja merialueella):

Asuttujen tonttien sekä virkistyskäytössä olevien alueiden kallio- ja kivikkorannat voidaan käsitellä vesiensuojelusta ja öljyntorjunnasta vastaavien viranomaisten valvonnassa esim. seuraavilla myrkyttömillä emulgaattoreilla: Corexit 8666, Corexit 7664 ja BP 1100.

#### 4.4.2.2 Emulgaattoriaineet

Tietyn öljymäärän emulgoimiseksi tarvittava emulgaattoriainemäärä vaihtelee olosuhteista riippuen suuresti. Laboratorio-olosuhteissa selvittää ehkä alle 10 % emulgaattoriainetta öljyn määrästä, mutta merellä saatetaan tarvita 100 % tai ylikin. Annosta vaikeuttaa sekin seikka, että öljykerros ei ole joka kohdassa yhtä paksu.

Jos katsotaan, että jossakin tietyssä tapauksessa voidaan emulgoida, olisi emulgointiainetta valittaessa kiinnitettävä huomiota seuraaviin kohtiin:

(1) myrkyllisyys kohdan 4.4.2.1 mukaan. Suurin sallittu emulgointiaineen määrä voidaan karkeasti arvioida laskemalla k.o. vesialueen vesimäärä sen pinta-alan ja minimi (tai keski) syväyksen mukaan.

(2) Pysyvyys merellisessä ympäristössä. Ei saa olla pitempi kuin hävitettävän öljyn.

(3) Teho käyttöolosuhteissa. Kylmissä olosuhteissa, veden lämpötila alle + 5° C tai jääolosuhteissa, ei mikään emulgaattori ole tehokasta.

(4) Hinta. Myrkyllisimmät aineet ovat yleensä halvempia kuin myrkyttömät.

(5) Käyttömukavuus. Eräät aineet saattavat olla jopa myrkyllisiä ihmiselle, aineen viskositeetti kylmissä olosuhteissa saattaa aiheuttaa vaikeuksia jne.

Työskenneltäessä emulgointiaineiden kanssa on oltava varovainen monestakin syystä; koska aineet ovat liuottavia ja peseviä, on niiden pääsy paljaaseen ihoon estettävä. Varsinkin limakalvoja ja silmiä on syytä suojella hyvin. Tulen käsittelyä on vältettävä emulgoimisaineiden läheisyydessä, ja liukkauden takia on oltava varovainen liikuttaessa aluksen kannella.

#### 4.4.2.3 Käyttömenetelmät

Tarpeellinen määrä valittua emulgaattoriainetta täytyy siis levittää öljyn päälle ja sen jälkeen sekoittaa voimakkaasti. Emulgaattoriaineen levittämiseksi käytetään tavallisesti levitysvarsia (kuva 31A) tai joskus myös ruiskua. Toisinaan voi käydä niin, että aallokon sekoitusvaikutus riittää ja että ruiskulla levitettäessä emulgaattoria suihku saa aikaan riittävän sekoitusvaikutuksen. Useimmiten tämä ei kuitenkaan riitä, vaan sekoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi on käytettävä potkurivirtaa risteilemällä edes takaisin emulgoidulla alueella. Pienimmissä saastetapauksissa voidaan myös käyttää esim. paloruiskua tähän tarkoitukseen (kuvat 31B, 32A).

Tämän sekoituskysymyksen ratkaisemiseksi on Englannissa kehitetty menetelmä, jossa emulgoiva alus hinaa jonkin matkan päässä perässään erikoisia sekoitusvarsia veden pinnalla. Tähän tarkoitukseen voidaan myös käyttää hätätilassa esim. kuvan 32B menetelmää. Ruotsissa taas on käytetty sellaista varsirakennetta, josta emulgaattorisuihku tulee suurella paineella melkein saaden aikaan tarvittavan sekoituksen.

Merellä emulgoitaessa on öljylautta tuhottava kulmien spiraalimaisesti sen keskustaa kohden, lähempänä maata on taas järkevintä kulkea edes takaisin öljylautan maan puoleisella sivulla.

#### 4.4.3 Öljyn upotusmenetelmä

Öljyn upottaminen tapahtuu siten, että kelluvan öljyn päälle ruiskutetaan raskaita kiviaineita, kuten esimerkiksi hiekkaa, kalkkia, liitua, sementtiä ym. jolloin öljy tarttuu näihin aineisiin ja painuu pohjaan.

Näin saadaan siis öljy pois näkyvistä, mutta sen jälkeen herääkin muutamia kysymyksiä:

- (1) miten öljy vaikuttaa pohjaeliöihin?
- (2) mitkä ovat öljyn pitkäaikaiset haittavaikutukset bakteeri- ym. toimintoihin?
- (3) pysykö öljy pohjalla?

Ensimmäistä kysymystä on jo käsitelty kohdassa 4.4.2.1 ja ilmeistä on, että upotusta voidaan käyttää vain alueilla jossa pohjaeläimistöä ei katsota olevan mitään merkitystä.

Toiseen kysymykseen liittyen on jo todettu, että öljy hajotakseen vaatii hapen läsnäoloa. Siis alueilla,



missä vedessä ei ole runsaasti happea (kuten Itämerellä) saattaisi öljyn toistuva upottaminen aiheuttaa katastrofin.

Kolmanteen kysymykseen on erittäin vaikeata vastata koska se riippuu erittäin paljon upotuspaikan olosuhteista, kuten pohjan laadusta, syvyydestä, me-

rivirroista yms. Todennäköistä kuitenkin on, että ainakin osa öljystä tulee nousemaan pintaan, tarttumaan kalastusvälineisiin, ajautumaan rannoille ym.

Edellä olevan perusteella on upotusmenetelmän käyttö Suomen olosuhteissa vähintäänkin arveluttavaa, melkein pä tuomittavaa.

## V Öljyn poisto ja puhdistustoimenpiteet rannalla

### 5.1 YLEISTÄ

Huolimatta siitä, onko öljyvaaraa yritetty torjua merellä tai ei, on ainakin Suomen olosuhteissa todennäköistä että osa öljystä pääsee rannalle asti. Joissakin tilanteissa saattaa olla mielekäästä ohjata öljy jollekin määrätylle rannalle, joka on helppo puhdistaa.

Öljy, joka on päässyt rannalle on yleensä joko tervamaista tai hyvin sitkasta, koska tavallisesti kevyemmät aineosat pääsevät haihtumaan ennen kuin puhdistustoihin päästään käsiksi. Tämän takia pitäisi puhdistustöissä käyttää tehokkaita menetelmiä, jotka taas toisaalta voivat vahingoittaa luontoa. Näiden kahden tekijän väliltä on löydettävä aina tapaus kerrallaan se oikea tapa, mitään yleissääntöä ei voi antaa, niinpä tässä ja VI osassa lähinnä selostetaan niitä puhdistustapoja, jotka saattaisivat tulla kysymykseen.

Ennen puhdistustöihin rupeamista on ehdottomasti otettava selvää alueen käyttötarkoituksesta ja luonteesta, kuljetusmahdollisuuksista, majoitus- ja ruokailumahdollisuuksista, viestiyhteyksistä, huollosta ym. asiaan vaikuttavista seikoista. Onhan itsestään selvää, että esim. emulgaattorien käyttö luonnonsuojelualueilla, kalojen kutupaikoilla ja näihin verrattavilla alueilla on järjetöntä. Samoin ei ole järkevää ryhtyä puhdistustöihin, jos käytettävät koneet ja menetelmät aiheuttavat ympäristölle enemmän haittaa kuin itse öljy.

Tervettä järkeä käyttämällä kyllä useimmiten löytyy paras tapa, lisäksi on torjuntajohdon kanssa sovitettava menettelytavoista ennen puhdistustöihin ryhtymistä.

### 5.2 PUHDISTUSMENETELMÄT

Käytettävä menetelmä riippuu ennen kaikkea öljyn laadusta, rannan tyypistä, ilmasto-olosuhteista ja luonnonsuojelunäkökohdista.

Tällä hetkellä on käytettävissä ainoastaan neljä menetelmää, nimittäin mekaaninen poisto, imeyttä-

minen, polttaminen ja emulgaattoreilla pesu. Kullakin näistä menetelmistä on etunsa ja haittatekijänsä, joita on jo osittain käsitelty IV osassa, ja joita seuraavassa käsitellään sovellettuna puhdistustöihin.

#### 5.2.1 Mekaaninen poisto

Koska mekaaninen poisto on kaikkein "hellävaraisin" luonnolle, on sen käyttämistä aina ensin harkittava ja vasta sitten, jos se ei ole käytännöllistä eikä mahdollista, harkittava muita menetelmiä. Kohdassa 4.3 on jo selitetty mekaaniseen poistoon soveltuvia laitteita, joista voidaan valita saatavilla olevista käyttötarkoitukseen sopivin.

Jos erikoislaitteita ei ole saatavilla, täytyy käyttää tilapäismenetelmiä, kuten haavilla tai lapiolla keräily tynnyreihin, öljyisten kivien kuljetusta pois, loka-autoja tms.

Rannan tyypistä riippuen voidaan myös joutua kuorimaan ylimmät maakerrokset pois puskutraktoreilla tai kauhakuormaajalla ja kuljettamaan muualle. Sopiva kuljetuskalusto on erittäin tärkeätä työn onnistumiselle. Tilanteesta riippuen voidaan käyttää maastokelpoisimpia ajoneuvoja kuten kuorma-autoja, traktoreita, maastoautoja, helikopteria ja vesillä liikuttaessa uisko-tyyppisiä veneitä.

Kun öljysaaste on saatu kerättyä tynnyreihin, säiliöihin yms. on se joko hävitettävä paikalla polttamalla kuvan 33 tapaan tai kuljetettava muualle hävitettäväksi. Jos öljy kuljetetaan muualle, on kunnallisten, vesihuolto- ym. viranomaisten kanssa sovitettava minne jäteöljy voidaan kuljettaa.

Jäteöljyä tynnyreihin kerättäessä on vielä huomioitava muutama seikka. Tynnyreitä ei saa täyttää pipripintaan, vaan n.  $\frac{2}{3}$ , koska täysiä tynnyreitä on vaikea kuljettaa. Tynnyrit on myös peitettävä saateelta, sillä sadevesi nostaa öljyn pois. Tynnyrit on myös varastoitava paikkaan, jossa ne eivät kaadu merenkäynnin tai tuulen vuoksi.



### 5.2.2 Imeyttämisaineiden käyttö

Mahdollisista imeyttämisaineista on jo puhuttu kohdassa 4.2.3. Näiden aineiden käytössä on kolme työvaihetta.

- 1) levitys, joka voi tapahtua käsityönä kuten kuvassa 34 tai erikoisella puhaltimella
- 2) jonkinlainen sekoitus on yleensä tarpeen; ja
- 3) imeytetyn öljyn keruu käyttäen samoja menetelmiä kuin edellisessä kohdassa.

Imeyttämisaineita, kuten turvetta, voidaan käyttää mekaanisen menetelmän ”jälkihoitona” ohuempien öljykalvojen poistamiseen tai levittää imeyttämisaine suoraan öljyn päälle. Tämä menetelmä soveltuu myös hyvin rappujen, laiturien, sileiden kallioiden yms. esipuhdistukseen. Imeytetty öljy voidaan polttaa joko kuvan 33 tapaan tai arinan avulla, kuva 35.

Tällaiseenkin polttamiseen on saatava lupa.

### 5.2.3 Polttaminen

Oikein suoritettuna on polttaminen eräs tehokkaimmista puhdistusmenetelmistä ja myöskin halvin, koska saasteen keräileminen, kuljettaminen muualle ja hävittäminen jäävät pois. Viimeksi mainitut operaatiot vaativat arvaamattomasti työtä, työntekejiä, kuljetuskalustoa ja kustannuksia. On kuitenkin muistettava, että polttamiseen on saatava maanomistajilta ja öljyntorjuntaviranomaisilta lupa ja tilanteesta riippuen on palontorjunta-asiantuntijan oltava paikalla.

Poltettaessa on öljyn leviäminen pyrittävä estämään esim. tulenkestävän puomin tai tukkipuomin avulla. Eräissä tapauksissa on tuulen voimakkuus ollut riittävä estämään öljyn leviämisen.

Turpeen avulla poltettaessa on menetelmä seuraava:

Torjuntaturve levitetään ohuesti noin 1 cm vahvaiseksi kerrokseksi öljylautan päälle, jolloin turve imee lampun sydämen tavoin öljyä vedestä. Mikäli saaste on joku raskaampi öljytuote, kostutetaan turve alkulämmön aikaansaamiseksi kevyellä polttoöljyllä. Näin saadaan aikaan riittävä paikallinen kuumuus, kunnes myös saaste lämpiää, imeytyy turpeeseen ja syttyy. Kun riittävä alkulämpötila on saavutettu tuulen yläpuolella, kuluu polttamiseen suhteellisen vähän turvetta, koska palo leviää ja jatkuu myös laajemmalla öljylautassa, tarvitsematta enää lisätä turvetta. Mikäli poltto onnistuu hyvin, jää vain muutamien prosenttien verran palamisjätteitä veteen. Nämä

palamisjätteet eivät tahraa ja ne on helppo kerätä.

Kuva 36 esittää polttomenetelmää käytännössä Porvoon saaristossa joulukuussa 1969.

Tälläkin menetelmällä on haittavaikutuksensa, joka on lähinnä esteettinen, kuten polttamisen jäljet rantakivikossa ja tilapäinen ilman saastuminen. Maise-  
semallisesti arvokkaita rantakallioita on syytä varjella turmeltumasta sekä puuston vahingoittamista on vältettävä.

### 5.2.4 Emulgaattoreiden käyttö

Kohdassa 4.4.2 on jo tätä menetelmää käsitelty melko tyhjentävästi.

Rantojen puhdistukseen voidaan tätä menetelmää käyttää rajoitetusti torjuntajohdon annettua siihen luvan. Menetelmän käytössä on kolme vaihetta.

- (1) emulgaattorin tasainen levitys
- (2) annetaan emulgaattorin vaikuttaa öljyn pinnalla jonkin aikaa (1—20 min)
- (3) öljyemulgaattoriaineen nopea sekoitus esim. vesisuihkulla suureen määrään vettä.

Emulgaattorin levitys voidaan suorittaa joko maalta tai vedestä puutarharuiskulla, käsipumpulla (kuva 37A liuotinpohjaiset emut, kuva 37B vesisekoitteiset) tms, ei kuitenkaan koskaan kauhalla heittämällä tms. Rantoja puhdistettaessa sekoitus voidaan saada aikaan käyttämällä voimakkaita paloruiskuja. Matalissa lahdissa ja poukamissa yms, jossa veden vaihtuvuus on pientä, ei emulgointi ole sallittua.

Emulgaattoreita käytettäessä on huomioitava seuraavat seikat:

- emulgaattori saattaa olla palovaarallista
- emulgaattoriliuos on erittäin voimakkaasti pesevää, se liuottaa ihon suojarasvakerroksen pois ja aiheuttaa silmätulehduksia
- emulgaattori on liukasta
- emulgaattori saattaa vahingoittaa kumisia saappaita, käsineitä ym. PVC:stä tehdyt tarvikkeet ovat kestävämpiä
- emulgaattorihöyryt saattavat olla vaarallisia
- ennen emulgointia on paksut öljykokkareet poistettava koska emulgaattorin vaikutuksesta nämä sulavat ohueksi öljykalvoksi.



## VI Eräiden ranta-alueiden puhdistamisesta

### 6.1 YLEISTÄ

Edellä olevissa kappaleissa on annettu yleisiä puhdistus- ym. ohjeita ja selostettu eri menetelmiä. Seuraavassa käsitellään muutamia eri tyyppisiä rantoja, joiden puhdistamisen yhteydessä on niiden erikoispiirteet otettava huomioon.

### 6.2 ALUEET, JOISSA ON KASVULLISUUTTA

#### 6.2.1 Suo- ja rämemäiset alueet

Tämän tyyppisillä rannoilla kasvullisuus onneksi yleensä estää öljysaasteen leviämisen kovin laajalle alueelle, mikä helpottaa puhdistustyötä. Jos kyseessä on yksityinen öljysaastetapaus, kasvusto toipuu siitä, mutta jos öljyä tulee jatkuvasti, tappaa se todennäköisesti kasvuston.

Puhdistustyö tämän tapaisella alueella on erittäin vaikeata, koska veneellä ei yleensä pääse lähelle ja kävelijä uppoaa mutaan ja turpeisiin. Tällaisella alueella voi hyvin käydä niin, että käytettäessä paljon työvoimaa ja raskaita koneita, aiheuttaa puhdistustyö suurempaa vahinkoa kuin itse öljy. Tämän takia voidaankin käyttää vain kevyttä kalustoa ja rajoittaa työvoiman liikkumista alueella.

Öljykkareet voidaan poistaa käsityönä, ja veden pinnalla oleva öljy voidaan yrittää kuoria pois. Saastuneet kasvit olisi kerättävä johonkin määrättyyn kohtaan pois viemistä tai polttamista varten. Polttaminen olisi suoritettava syksyllä ennen talven tuloa jotta ei vahingoitettaisi kehittymässä olevaa kasvillisuutta.

Emulgaattoreita ei saa käyttää ollenkaan.

Puhdistusmielessä ovat rämemäisiin alueisiin verrattavissa matalat kasvillisuutta täynnä olevat lahdet ja järvet, lumpeen kasvupaikat yms.

#### 6.2.2 Tundra

Lisääntyvät öljyn kuljetukset myös pohjoisissa oloissa aiheuttavat öljyvaaran myös tundra-alueille. Mekaaninen poisto on jälleen suositeltavin, polttaminen tulee myös kysymykseen kylmempinä vuodenaikoina. Emulgaattorit kiellettyjä.

### 6.3 MUUT RANTA-ALUEET

#### 6.3.1 Mutaiset rannat

Jos tällaiselle rannalle on päässyt suuria määriä raskasta öljyä, olisi se yleensä poistettava.

Tällöin tulee taas lähinnä kysymykseen pintakerroksen mekaaninen poiskuuriminen, imeyttäminen

ei tule kysymykseen. Polttamalla voidaan saada veden rajassa kelluva öljy hävitetyksi. Jos muuta puhdistusmahdollisuutta kuin emulgaattorin käyttö ei ole, kannattaa öljy melkein jättää paikalleen, koska se vahingoittaa luontoa vähemmän kuin öljy/emulgaattoriseos.

#### 6.3.2 Hiekkarannat

Hiekkarannalla voidaan olosuhteiden salliessa ajatella ensin öljysaasteen polttamista, jolloin saadaan suurin osa öljystä hävitetyksi. Jos tämä ei ole mahdollista, tai koska kuitenkin polttamisen yhteydessä pääsee osa öljystä imeytymään hiekkaan, on pintakerrokset syytä kuoria puskutraktorilla, lapiolla tms. ja kuljettaa pois hävitettäväksi. Emulgaattorien käyttö on arveluttavaa.

#### 6.3.3 Kivikkoiset rannat

Tämän tyyppinen ranta on erittäin vaikea puhdistaa, koska öljy painuu kivikon sisään nopeasti melko syvällekin. Näissä olosuhteissa on polttaminen ainoa todella tehokas tapa rantojen puhdistamiseen, ja se pitäisikin suorittaa milloin se on mahdollista. Eräissä tapauksissa voi olla tarpeellista ja mahdollista myös kuljettaa pahiten saastuneet kivet pois. Emulgaattoriainetta ja sitä seuraavaa voimakasta vedellä suihkuttamista voidaan eräissä tapauksissa käyttää.

#### 6.3.4 Kalliot

Polttamista voidaan käyttää jos kyseisellä kalliolla ei ole maisemallista tms. arvoa. Tämä menetelmä aiheuttaa todennäköisesti kalliopinnan rapautumisen mikä tosin usein on se pienempi paha. Paksut öljykkareet ja kerrokset voidaan poistaa raapimalla astioihin. Ohuet kerrokset voidaan suihkuttaa emulgaattorilla (missä niiden käyttö on sallittua) ja sen jälkeen harjata tai huuhdella vesisuihkulla mereen. (Katso kohta 6.4.1).

#### 6.3.5 Jääolosuhteet

Kun öljyä on joutunut jäiden sekaan, on mekaaninen poisto erittäin hidasta, työlästä ja kustannuksia kysyvää, koska joudutaan käsittelemään suuria määriä jäätä ja vähän öljyä saadaan kerralla talteen.

Näissä olosuhteissa on polttaminen halvin ja tehokkain keino öljyn poistamiseksi.

Jää saattaa imeä itseensä jopa 25 % tilavuudestaan öljyä, jota ei saada poistetuksi jäätä sulattamatta. Jos jää ei sula polttamisen yhteydessä, on sen keinotekoinen sulattaminen höyryllä kallista, jolloin



ainoa mahdollisuus on odottaa kevättä ja suorittaa puhdistustyö tällöin loppuun.

Emulgaattoriaineet ovat tehottomia jääolosuhteissa.

#### **6.3.6 Rakenteet**

Erityisesti sellaiset rakenteet, joilla kävellään, on saatava normaalia puhtaammiksi. Tällöin tulee kyseeseen höyryllä puhdistus tai emulgaattorilla pesu ja hyvä huuhtelu.

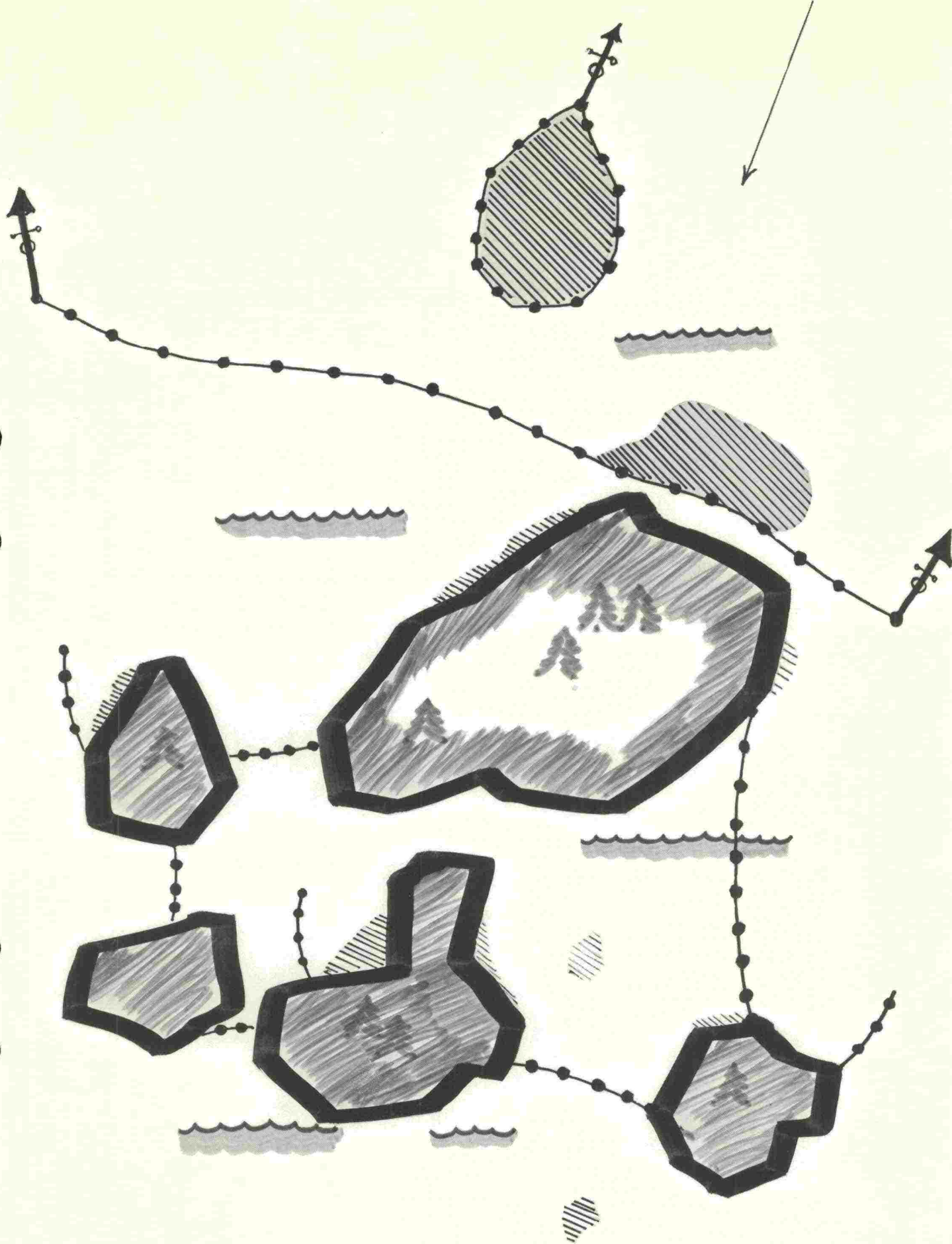
### **6.4 MUUTAMIA ERIKOISTAPAUKSIA**

#### **6.4.1. Laiturit, veneet, puutavaralautat ym.**

Öljyä voidaan myöskin poistaa pinnalta käyttämällä korkeapaineisia vesisuihkuja tai höyryä. Tehoa lisätään käyttämällä noin 10 % kaustista soodaliuosta tai mäntysuopaa. Näin menetellen ei synny pysyviä emulsioita, vaan öljy voidaan kerätä talteen veden pinnalta. Myös öljytorjuntakalusto voidaan käytön jälkeen puhdistaa tällä tavalla.

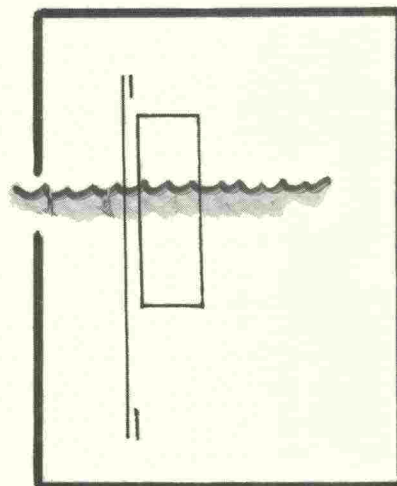
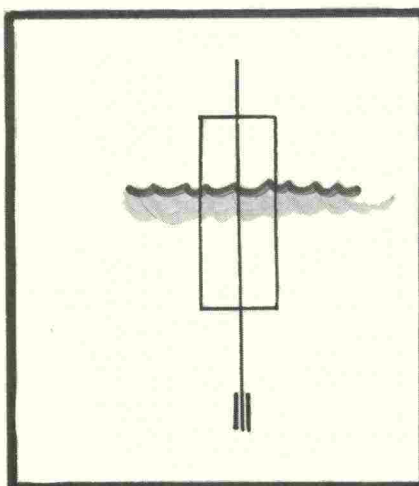
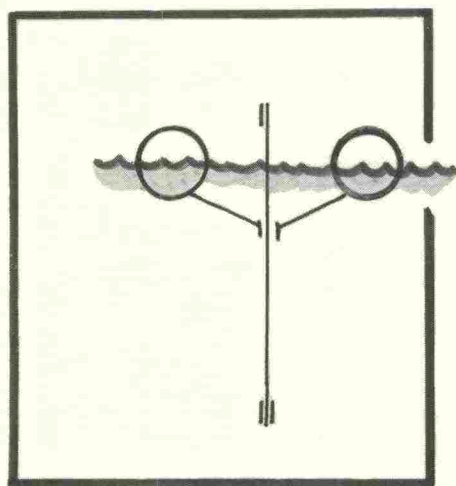
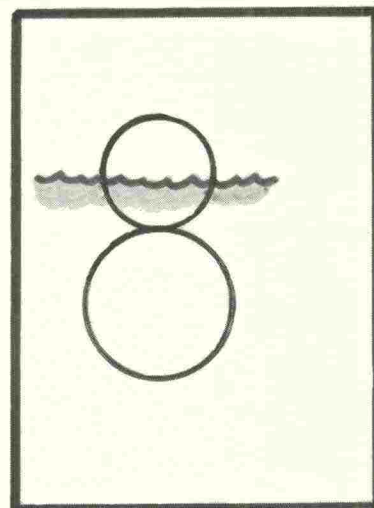
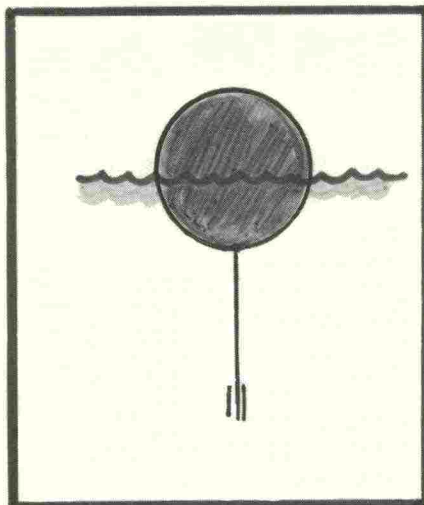
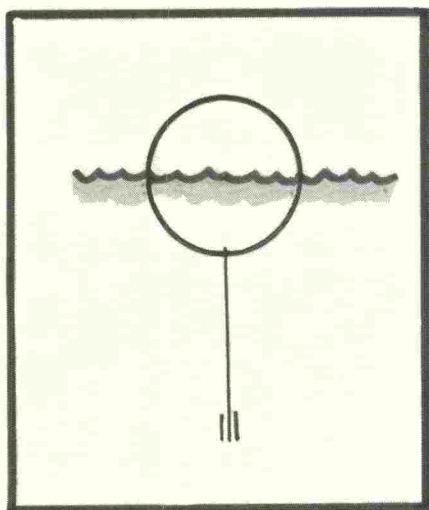
## LÄHDEAINEISTOA

1. IMCO: Practical Informaiton on means of dealing with oil spillages 1972.
2. Report on Oil Pollution Experiments — Behaviour of Fuel Oil on the Surface of the Sea. Hearings before the Committee on Rivers and Harbours, House of Representatives, 71st Congress, 2nd Session, on HR 10625, Par 1, 41—9, May 2, 3 and 26 (1930).
3. Edison Water Quality Laboratory, October 1970, Report oil containment systems US Department of the Interior.
4. Berridge, S. A., Dean R. A., Fallows R. G. and Fish A. Scientific Aspects of Pollution of the sea by Oil. J. Inst. P. Vol 54, no. 539 Nov. 1968.
5. Zobell C. E. Inst. J. Air. Water Pollution 1963, Vol 7, 173.
6. Bolkker P. C. Paper presented to Fourth International Harbour Conference, Antwerp, June 1964.
7. Report oft Federal German Shipping Department of Anne Mildred Brovig accident on 20 February 1966.
8. Stoker E. Gas Wasser Fach. 13 June 1967, 53.
9. Zobell C. E. Proc. Joint Conference on Prevention and Control of Oil Spills API, FWPCA, Dec. 1969.
10. Wicks. Moye, D. Fluid dynamics of floating oil contained by mechanical barriers in the presence of water currents. Proc. Joint Conference on Prevention and Control of Oil Spills. API FWPCA, Dec. 1969, p. 55.
11. Newman, D. E. and Macbeth N. I. Paper 18, Seminar on Water Pollution by Oil organised by Inst. Water Pollution Control and Inst. of Petroleum, Aviemore, Scotland, May 1970.
12. American Petroleum Institute Manual on Disposal of Refinery Wastes 1963.
13. Taylor, J. C. The recovery and containing of oil spills J. Inst. P. 48, 355 1962.
14. UKAEA Oil Pollution at Sea AERE R5550 HMSO London.
15. Fuller H. I. Use of floating absorbants and gelling techniques to combat oil spills on water J. Inst. P. 57, 553 p. 35 1971.
16. Schatzberg, P. and Nagy, K. V. Sorbents for Oil Spills Removal Proceedings of Conference on Prevention and Control of Oil Spills, June 1971 A.P.I.
17. Zobeil, C. E. Microbial modification of crude oil in the sea. Proc. Jnt. Con. on Prevention and Control of Oil Spills. A.P.I. FWPCA, Dec. 1969.
18. E. Ekman — R. Sandelin: The Use of Peat in Combating Oil Pollution, Bulletin of IPS (1971): 2 pp 19 ... 23.
19. Kerminen S, Tulkki P, Häkkinä K, Haapala K. Emulgaattorien käyttömahdollisuudet Suomen oloissa 1971 (Vesihallitus).
20. Kostilainen, V. Analysis of casualties to tankers in the Baltic, Gulf of Finland and Gulf of Bothnia in 1960—1969. Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamics laboratory Report n:o 5, 1—7, 1971.
21. R. Sandelin: Suomessa saavutetut kokemukset öljysaasteen hävittämisessä turpeen avulla. Suo 21, 1970 (5) 77—79.
22. R. Sandelin: Käytännön kokemuksia ja näkökohtia öljyvahinkojen torjunnasta merialueella. Palontorjuntatekniikka 2/1971.
23. P. Tulkki, S. Kerminen: Öljyvahinkojen biologiset seuraukset. Palontorjuntatekniikka 2/1971.
24. P. G. Jeffery: Oil in the Marine Environment. Warren Spring Laboratory LR 156 (PC) 1972.
25. Suomen Palontorjuntaliiton julkaisu n:o 6/138 öljyvahinkojen torjunta.
26. Dahlström, H. O. Käytännön kokemuksia ja näkökohtia öljyvahinkojen torjuntatyöstä saaristossa ja saaristomereillä. Kemian Teollisuus n:o 5, 1970.

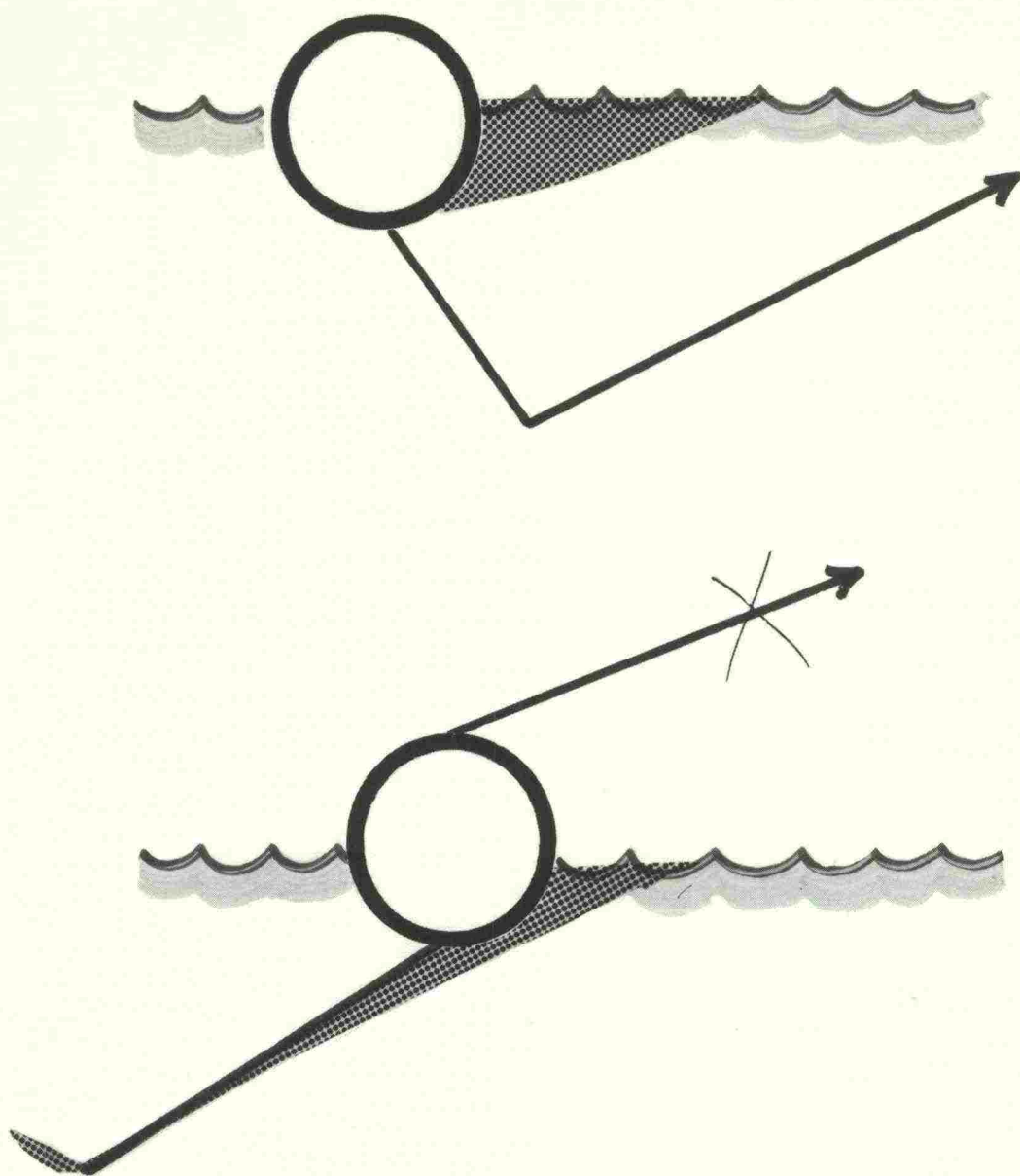


Kuva 1. Puomin eri käyttötapoja.

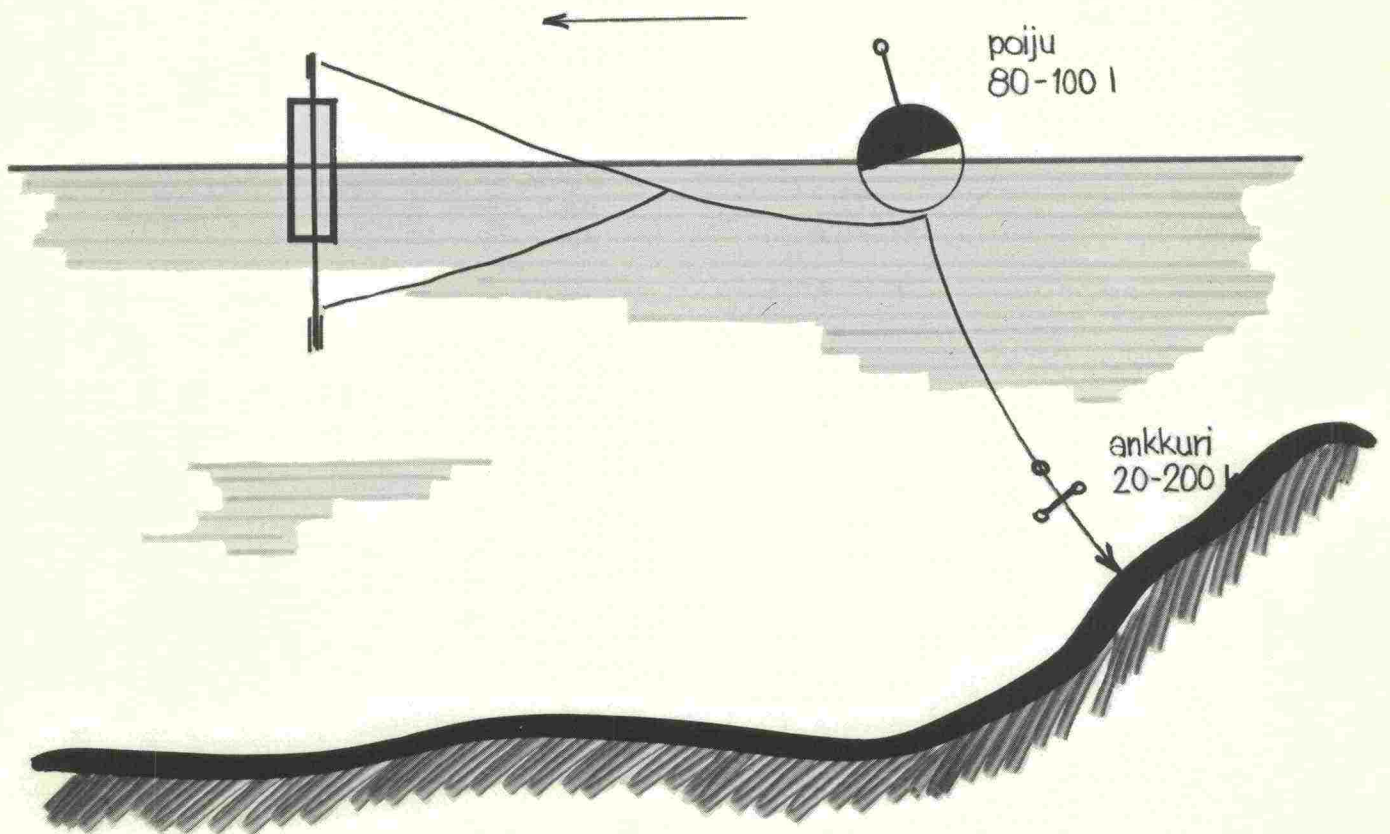
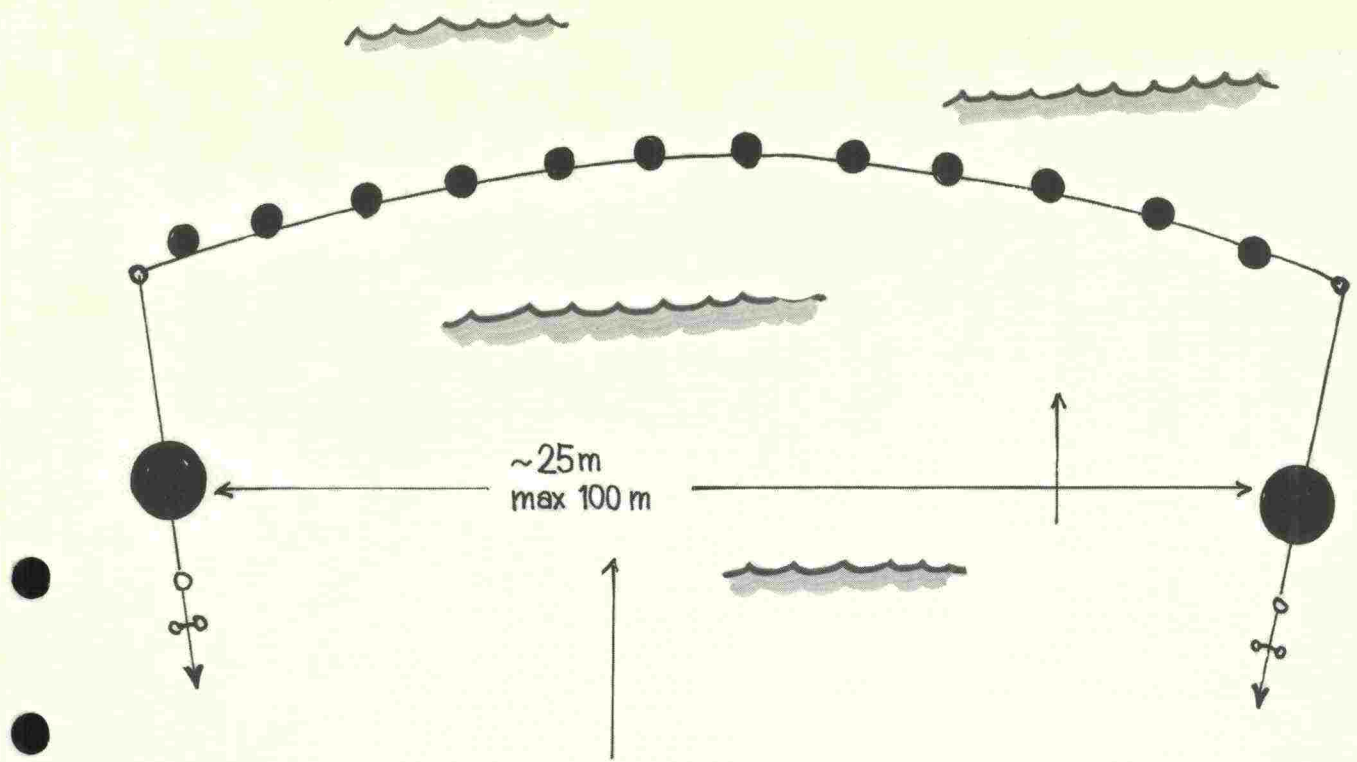




Kuva 2. Eri puomimalleja.

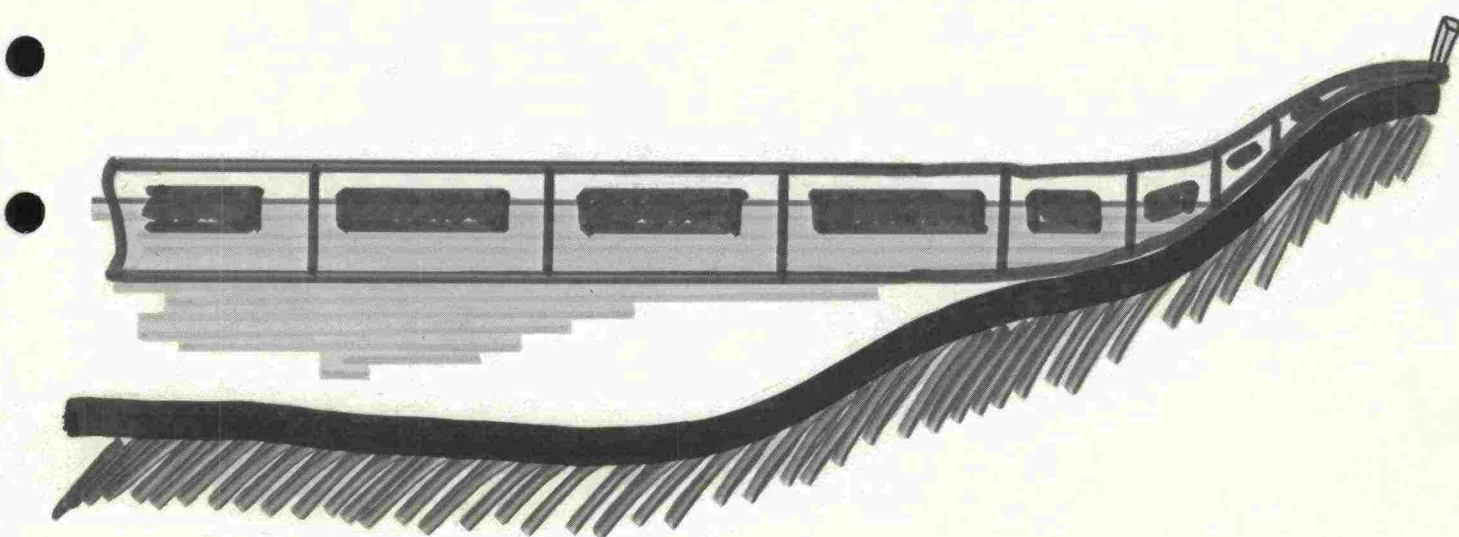
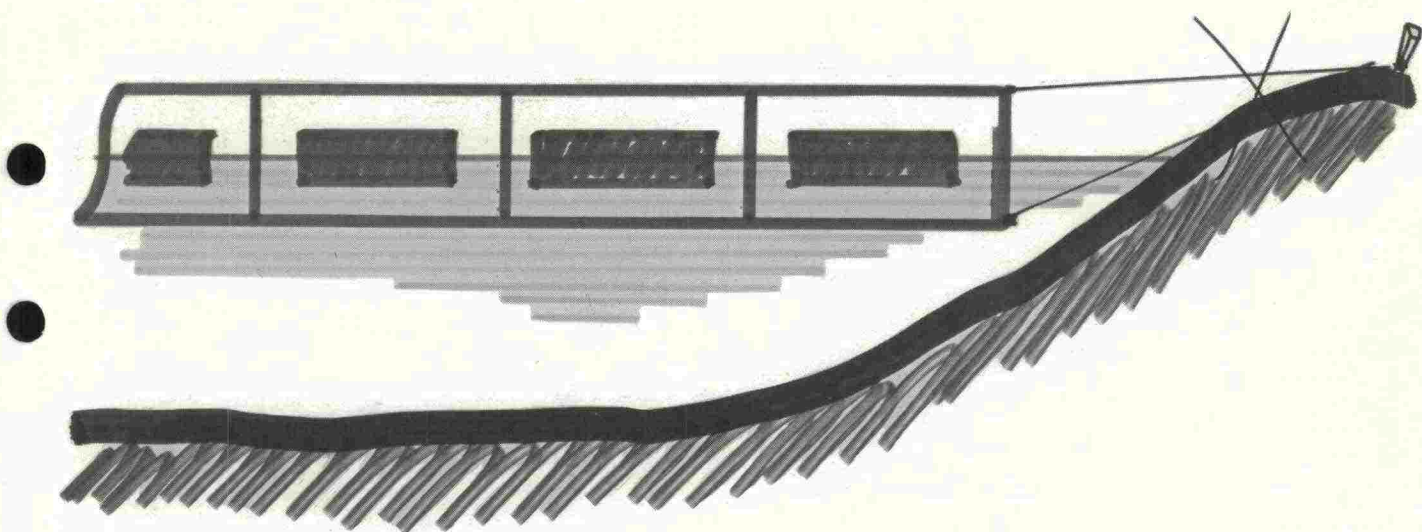


Kuva 3. Vetoköyden kiinnitys puomiin.

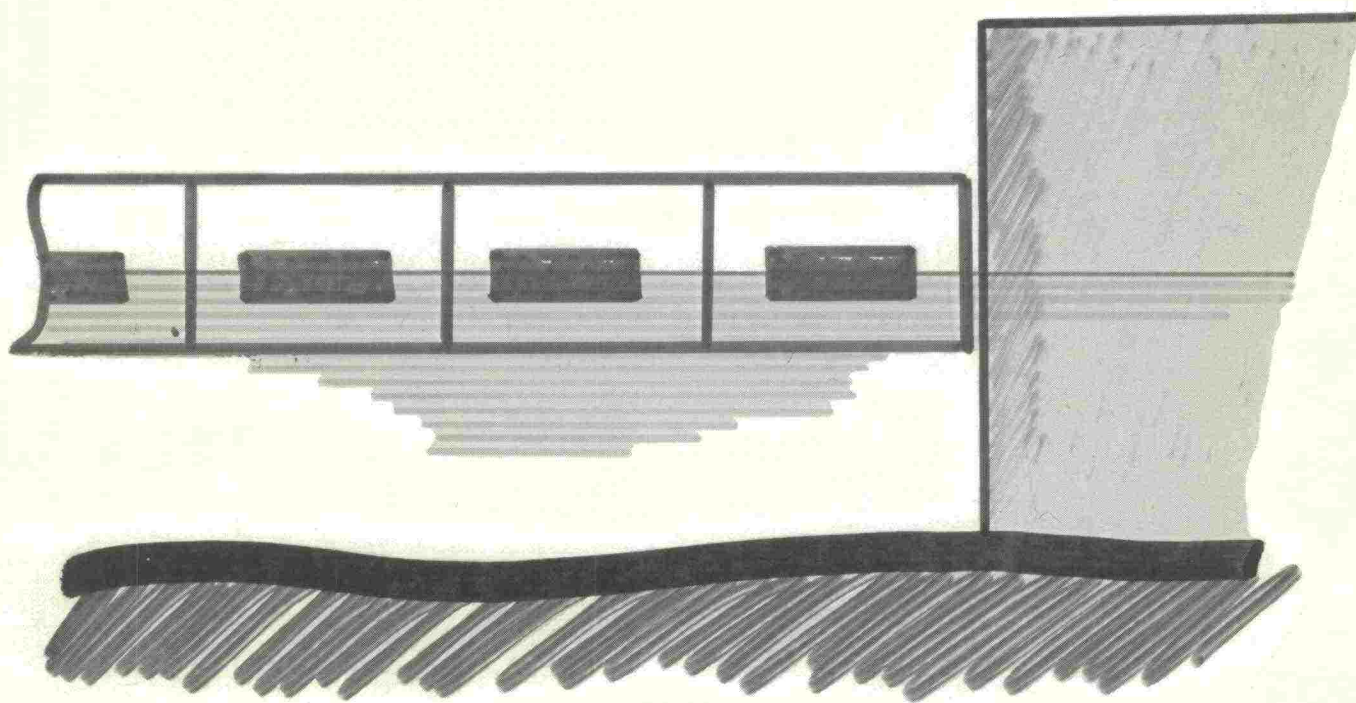
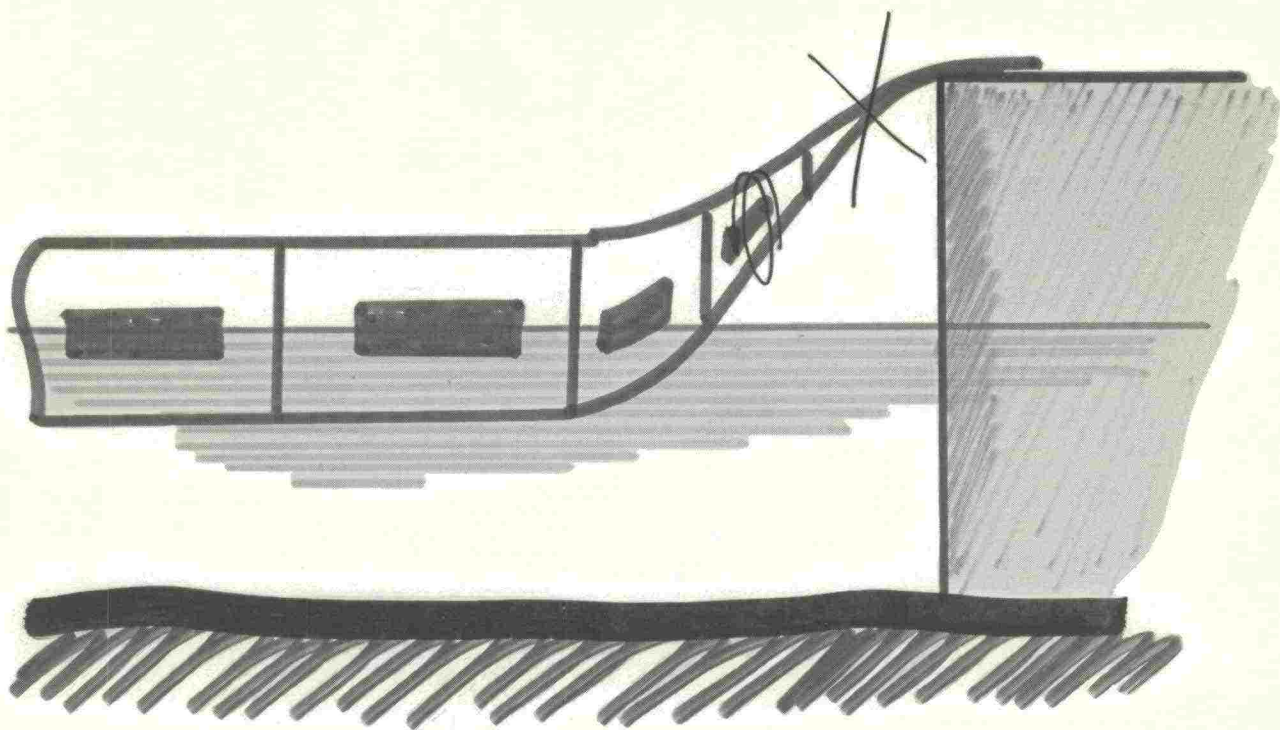


Kuva 4. Puomin ankkurointi.



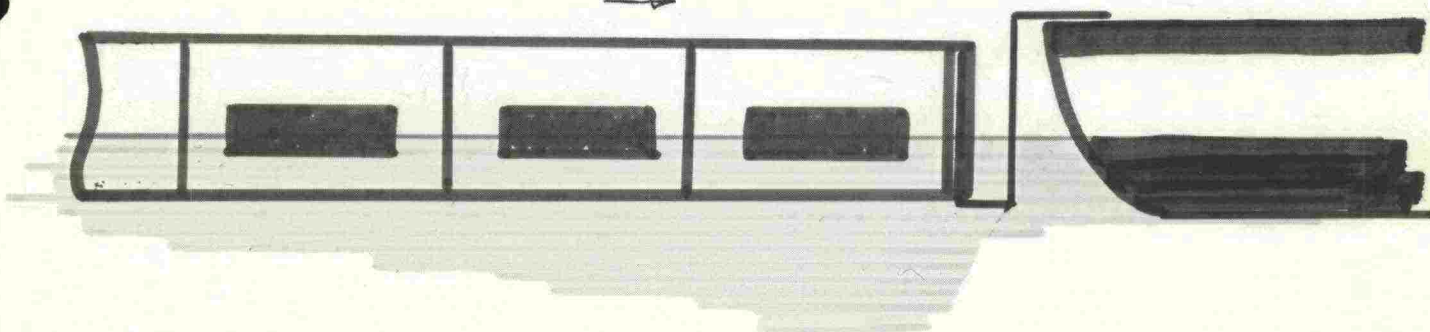
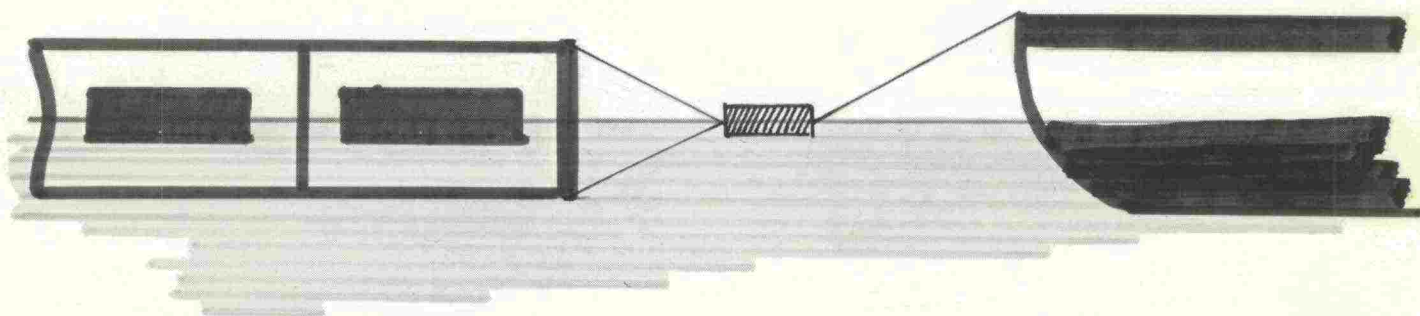
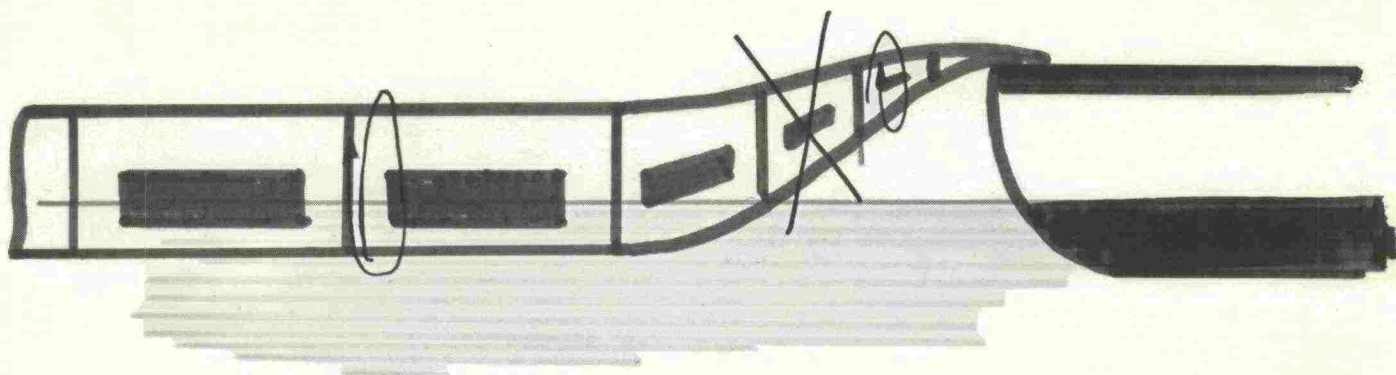


Kuva 5. Puomin kiinnitys rantaan.

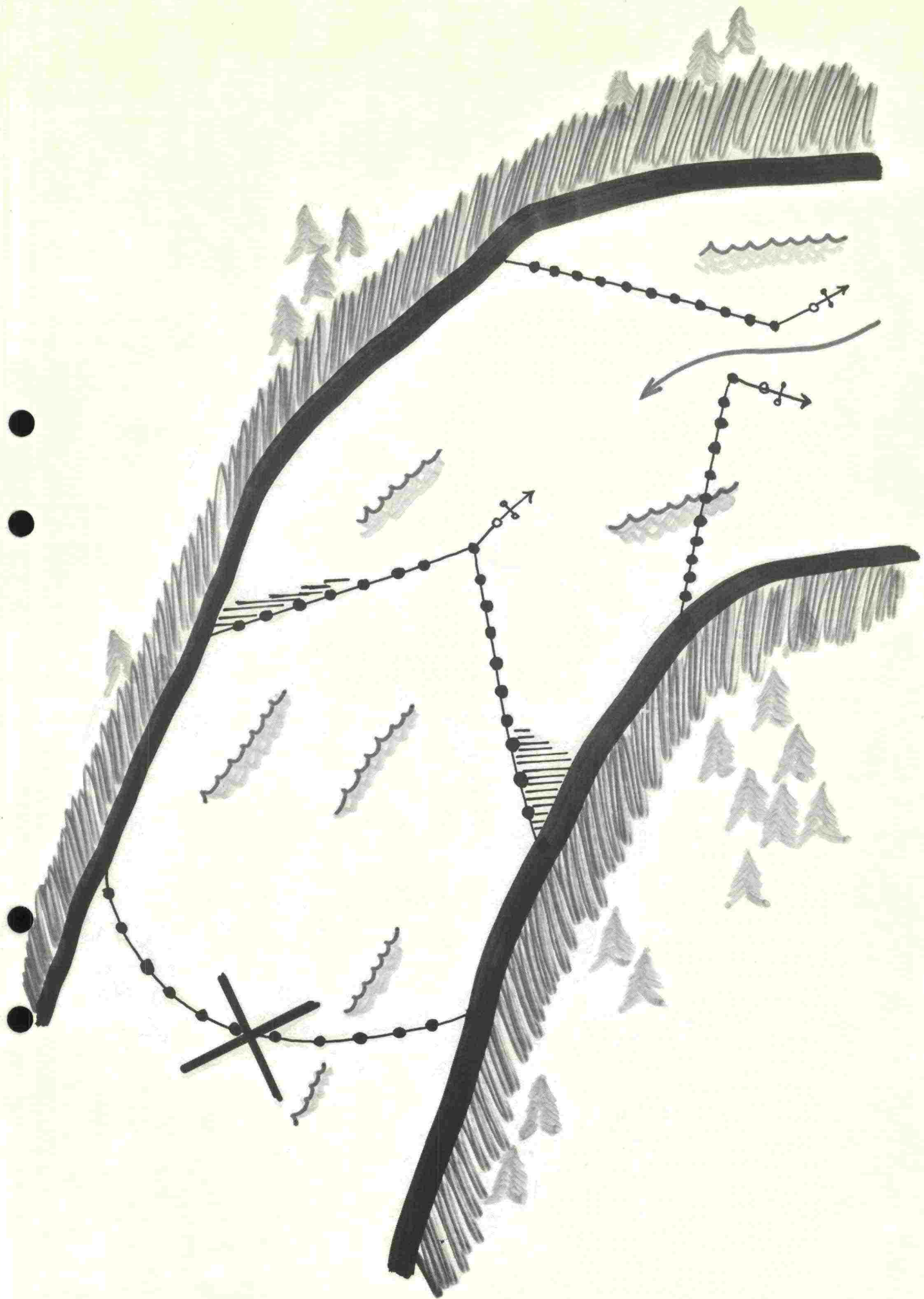


Kuva 6. Puomin kiinnitys laituriin.



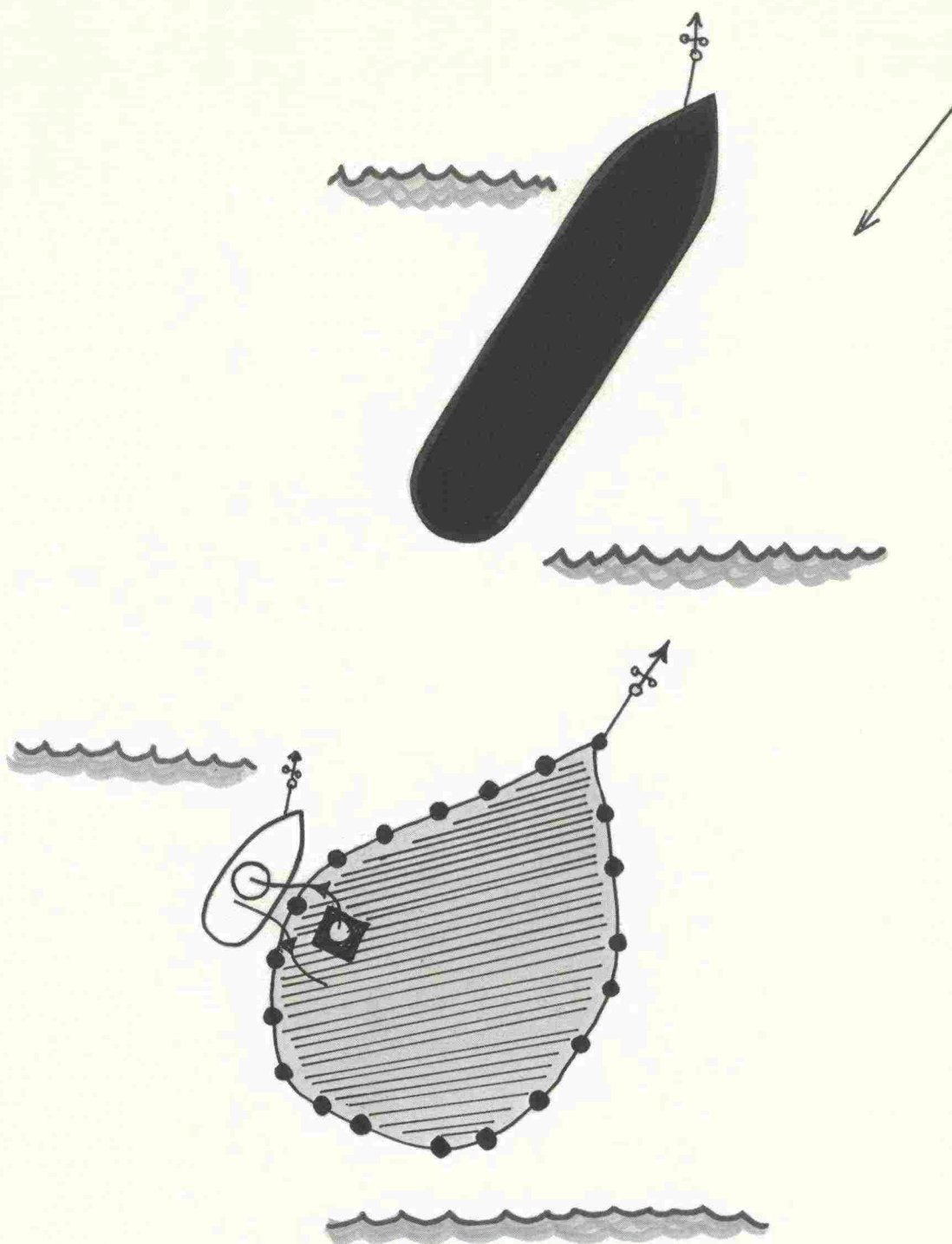


Kuva 7. Puomin kiinnitys veneeseen.

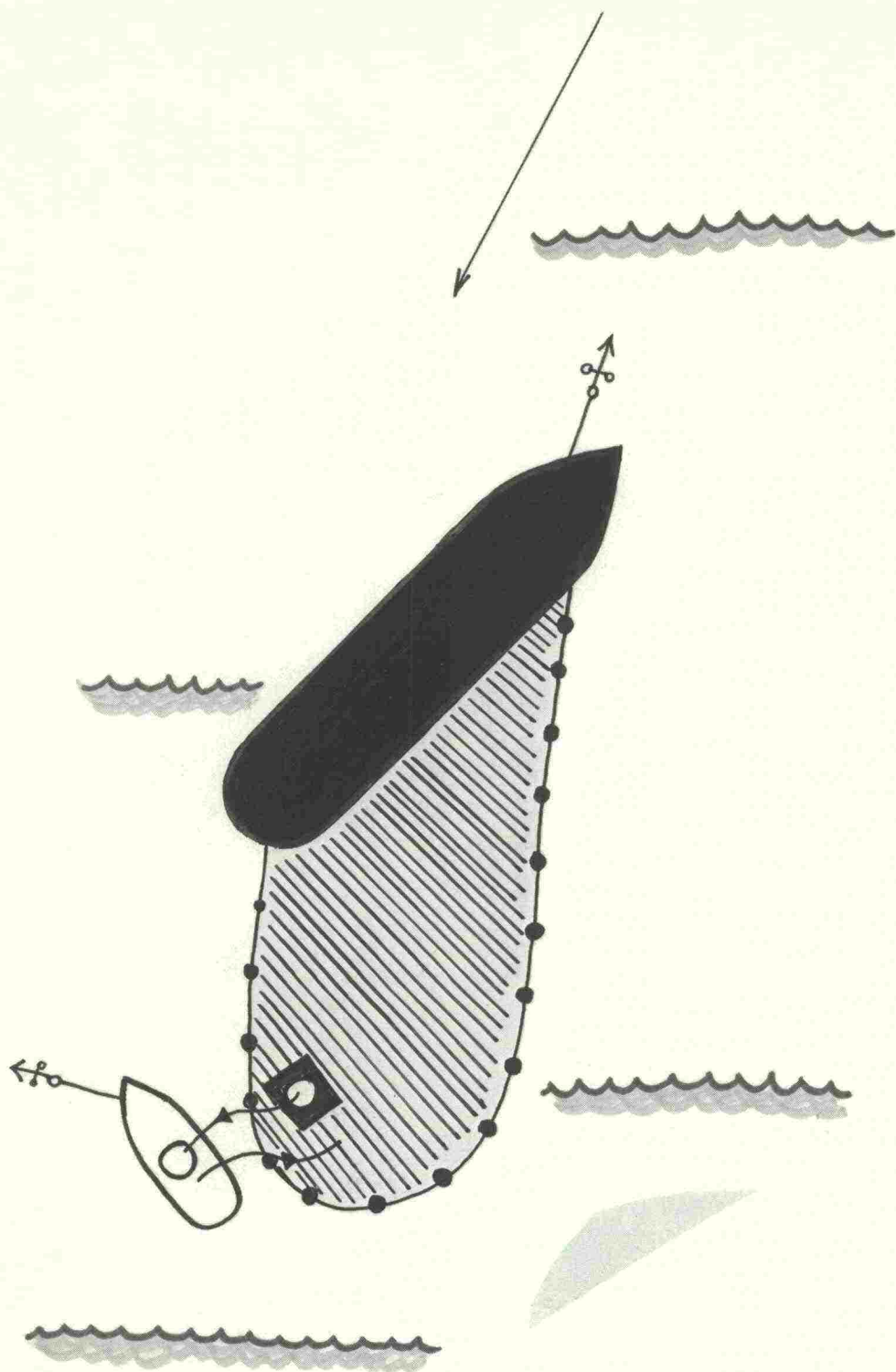


Kuva 8. Puomin käyttö virtaavassa vedessä.



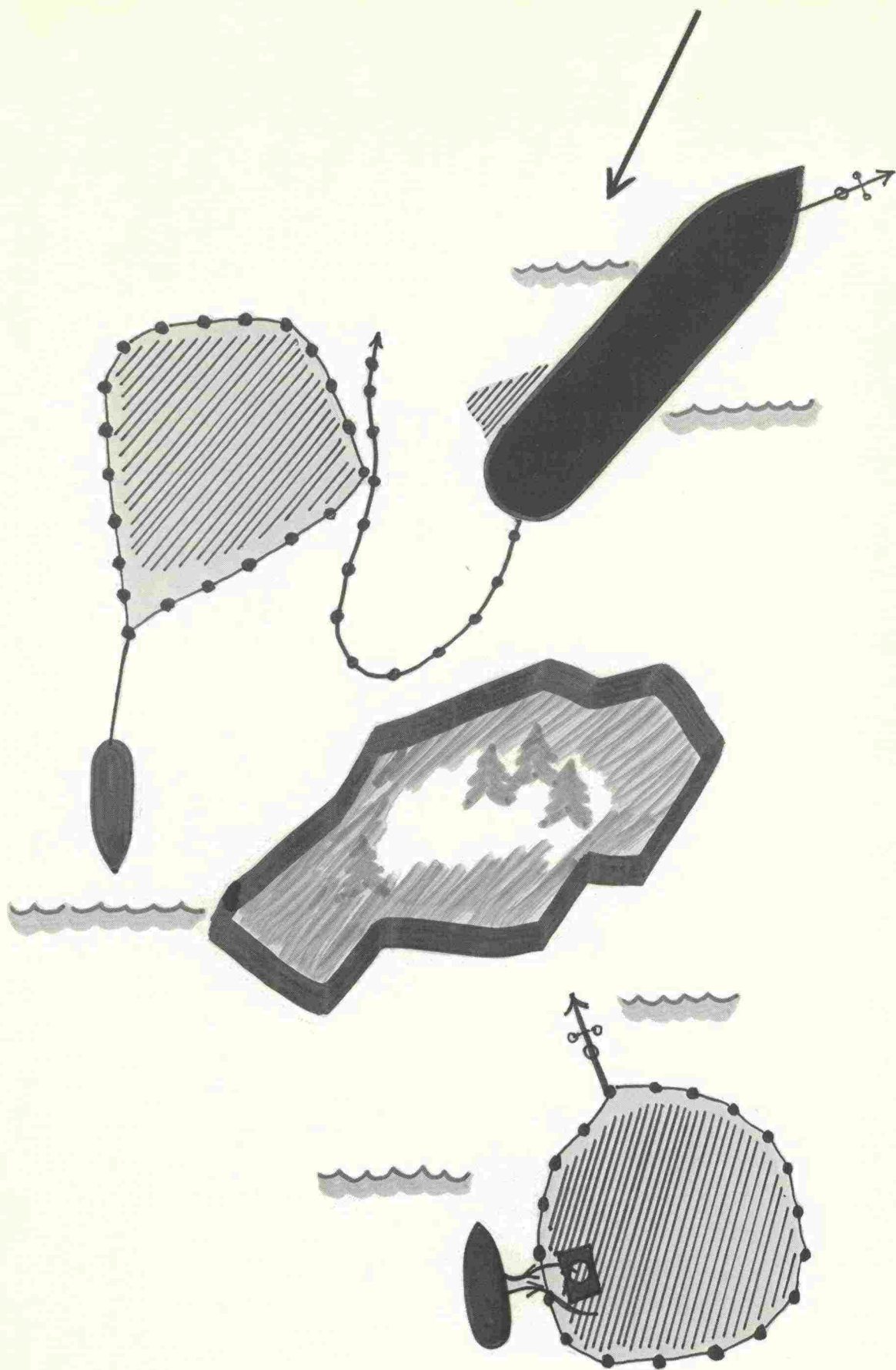


Kuva 9. Öljylautan vangitseminen.

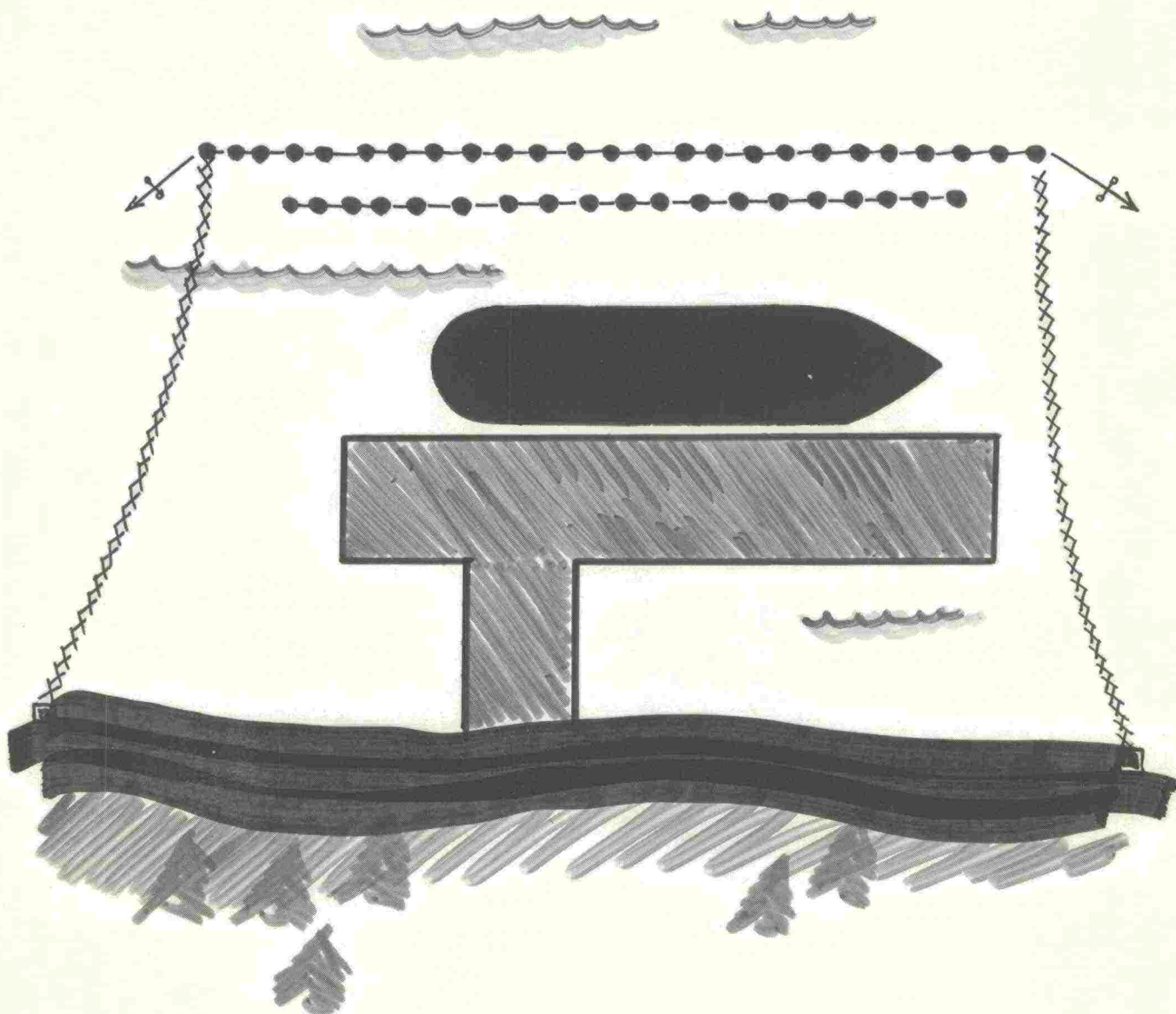


Kuva 10. Öljylautan vangitseminen laivan kylkeen.



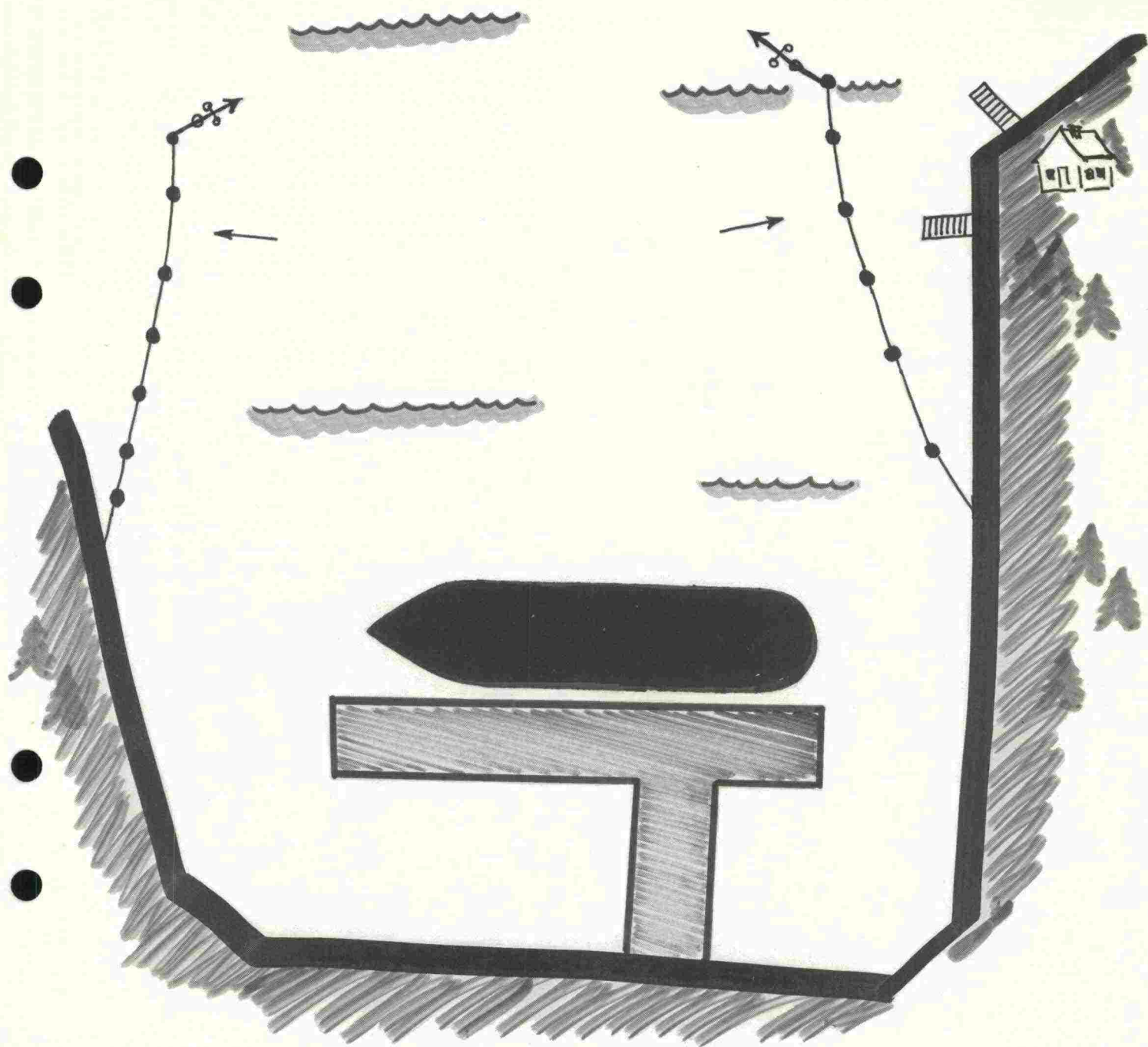


Kuva 11. Öljylautan siirto suojaiseen paikkaan.

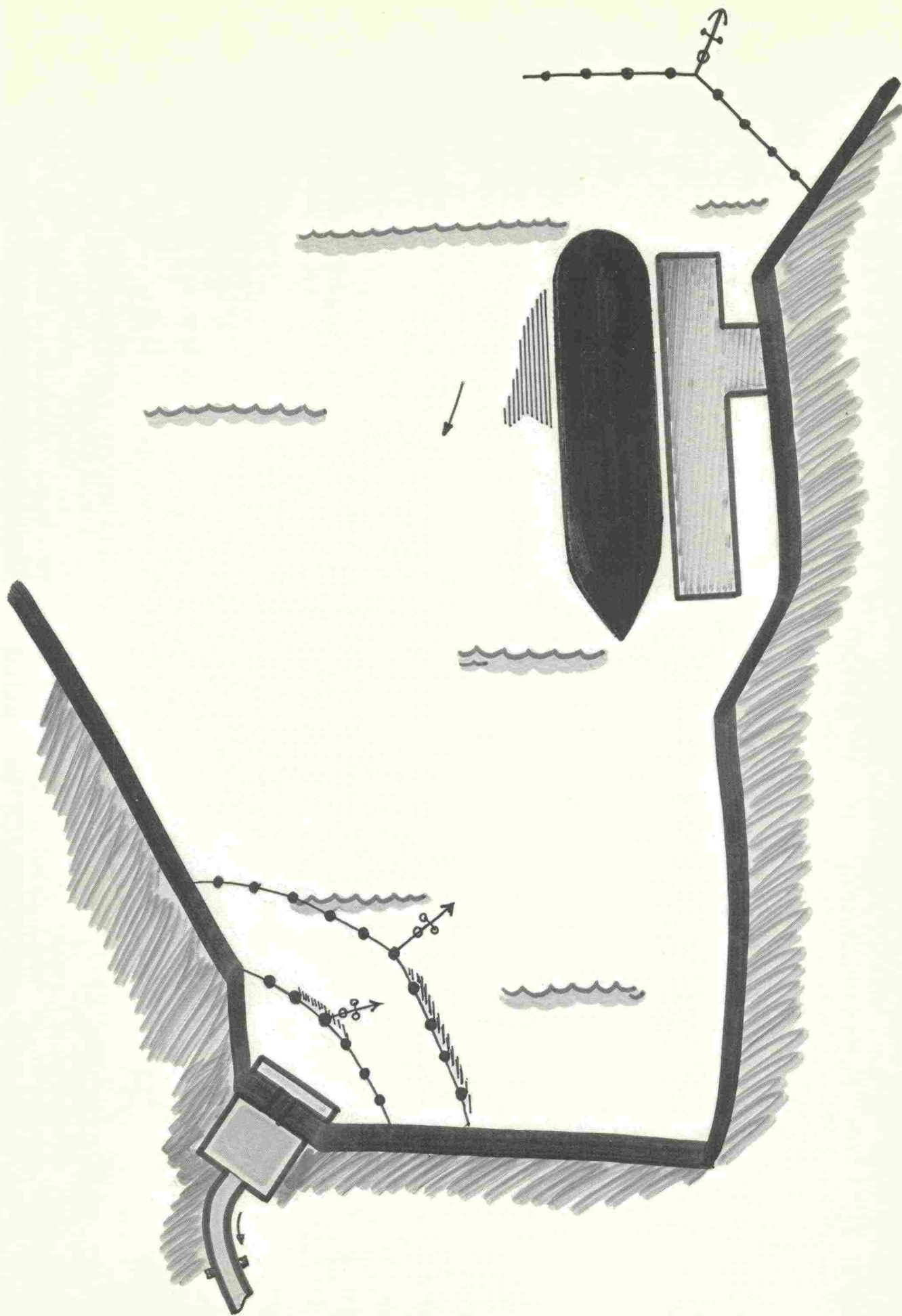


Kuva 12. Öljysataman puomitus I.



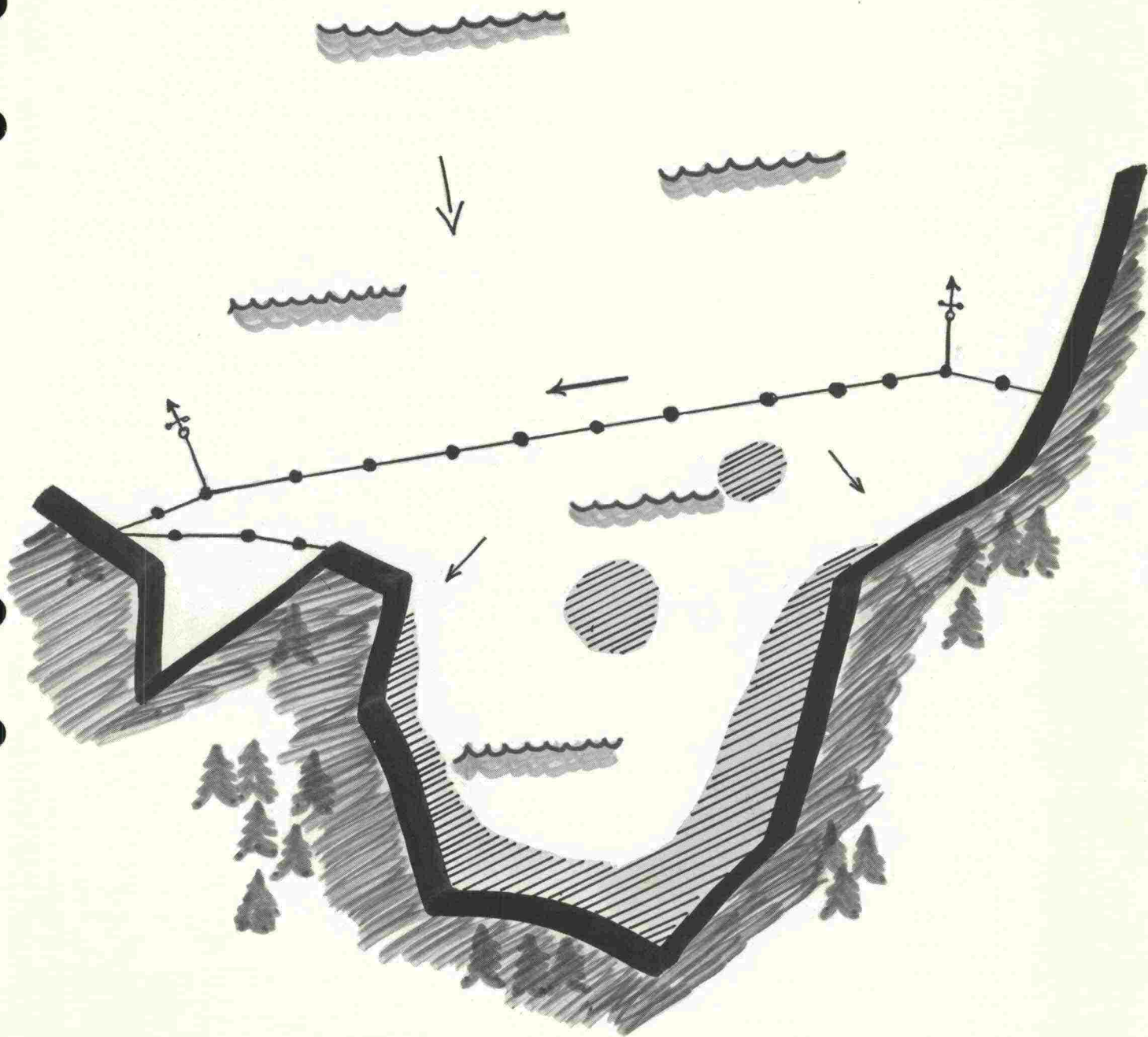


Kuva 13. Öljysataman puomitus II.

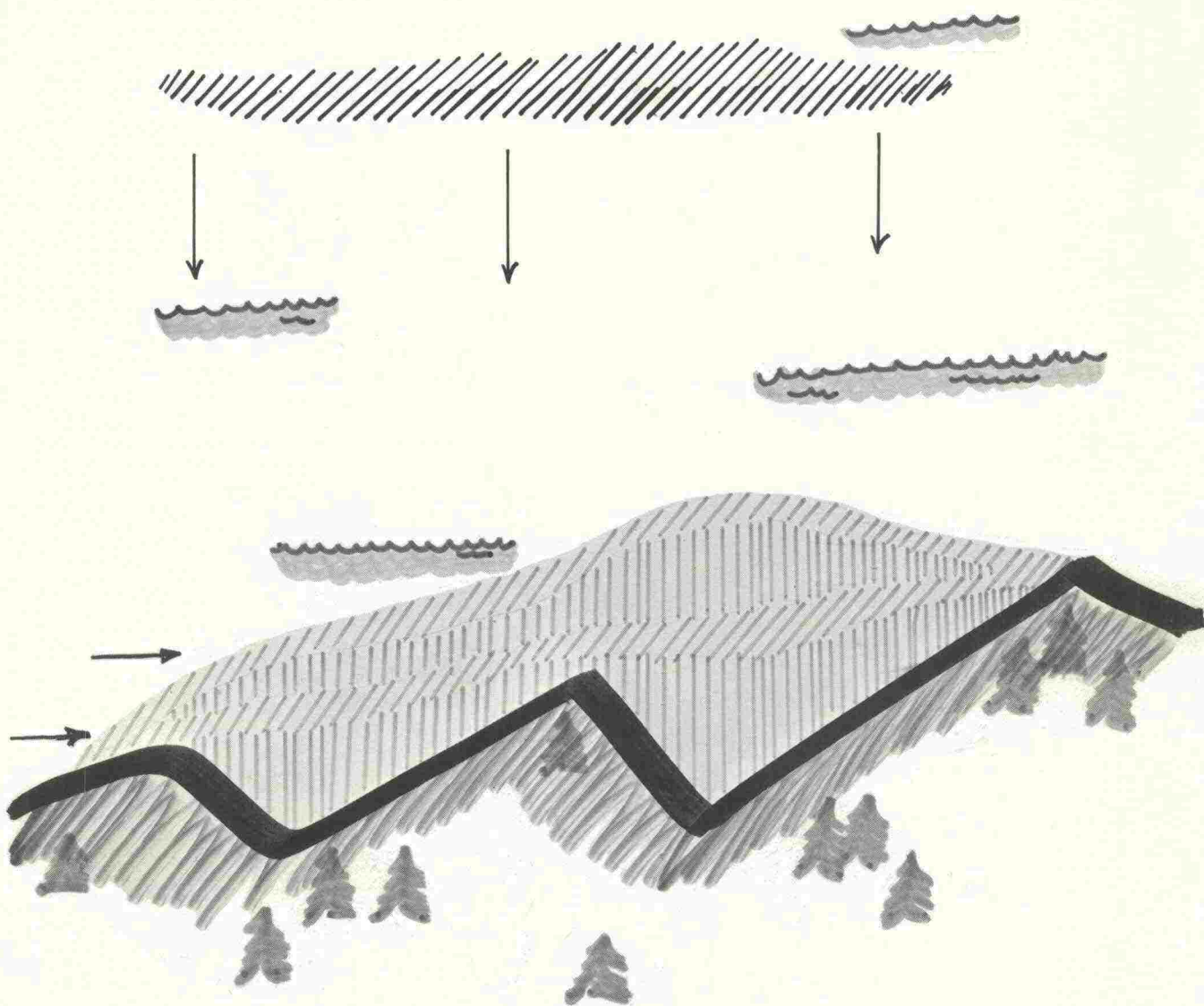


Kuva 14. Öljysatama jossa on lähellä vedenottamo.



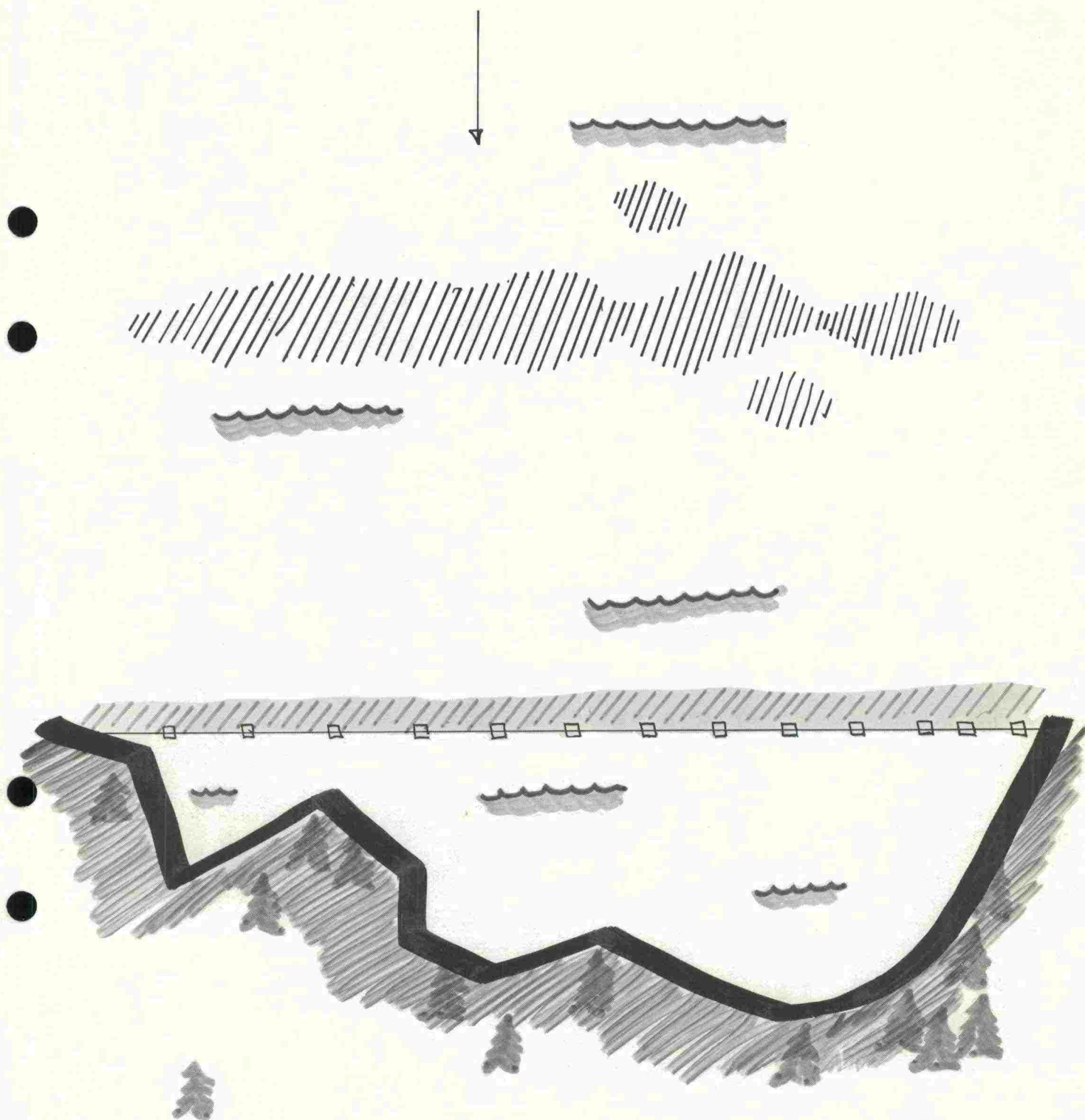


Kuva 15. Öljylautan vangitseminen lahteen.



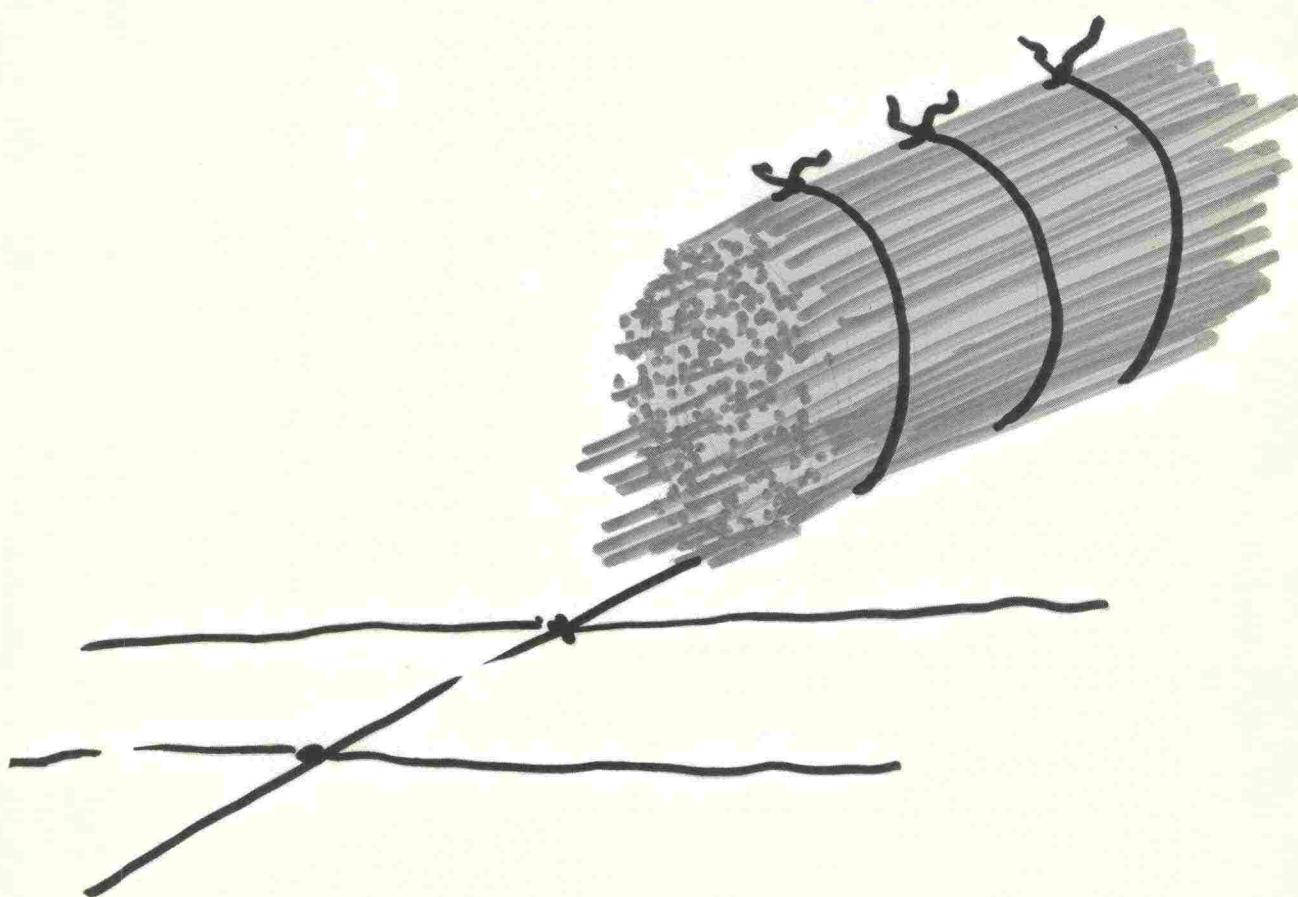
Kuva 16. Kaislojen avulla estetään rannan saastuminen.





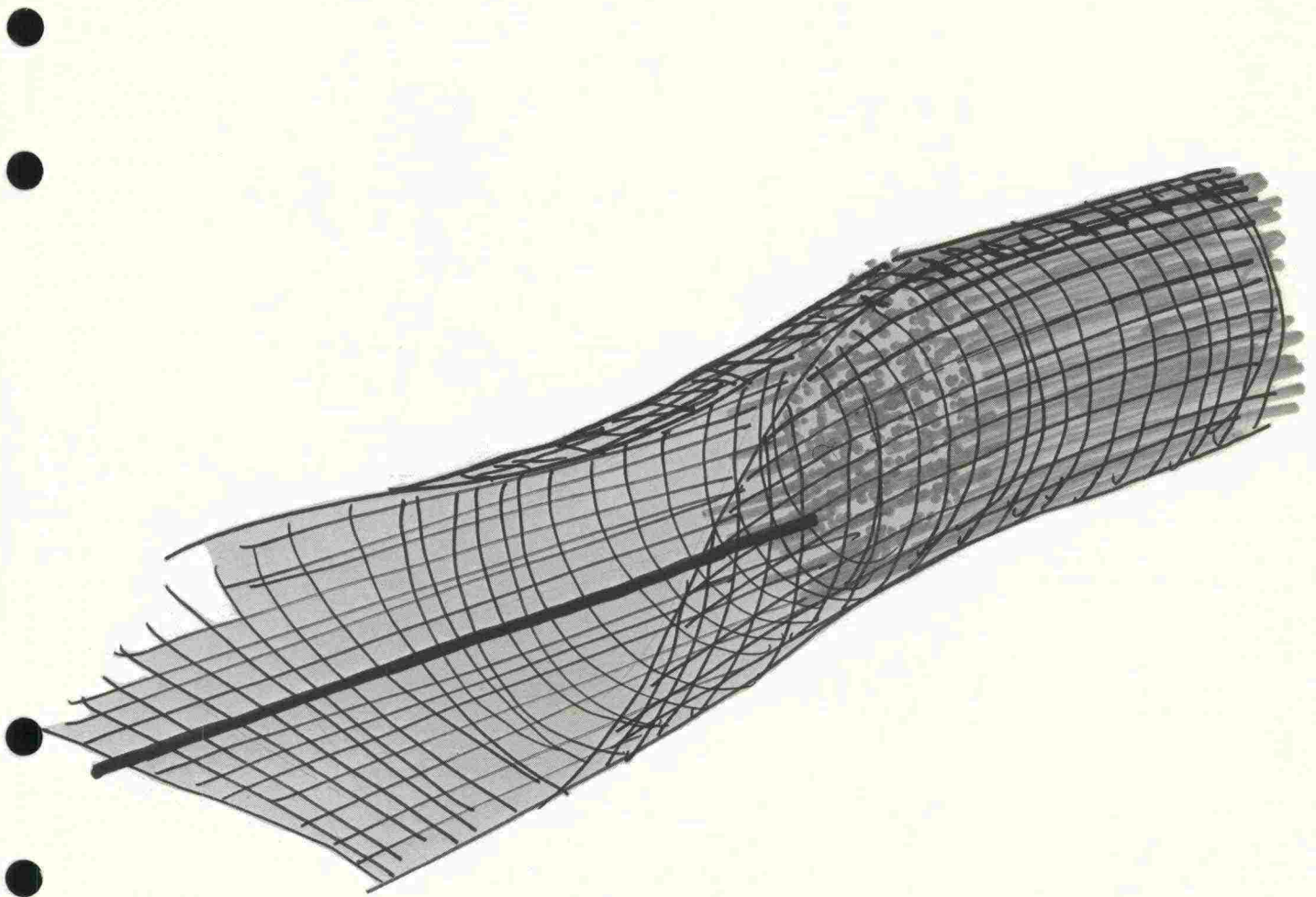
Kuva 17. Imeytysainetta levitetään puomin eteen.



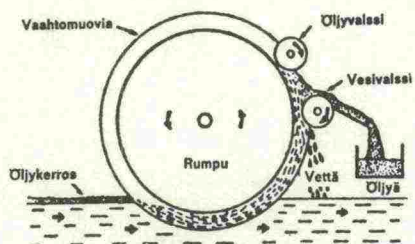


Kuva 18. Olkipuomin valmistus I.



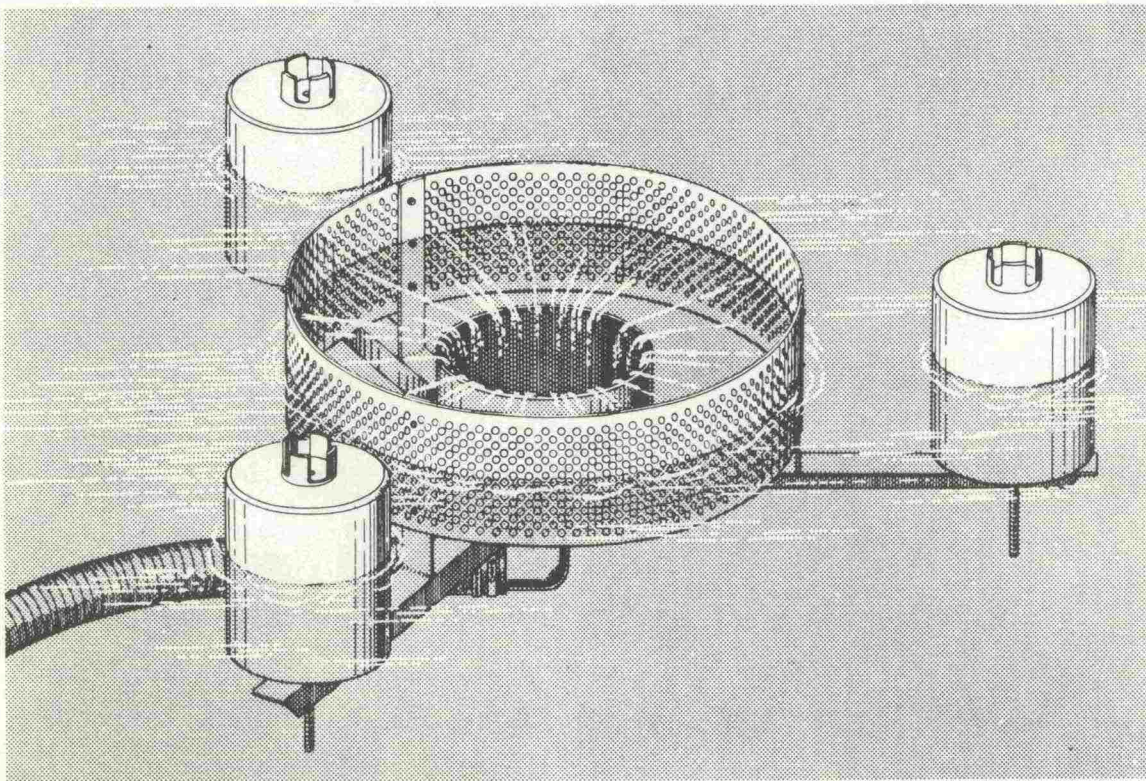


Kuva 19. Olkipuomin valmistus II.



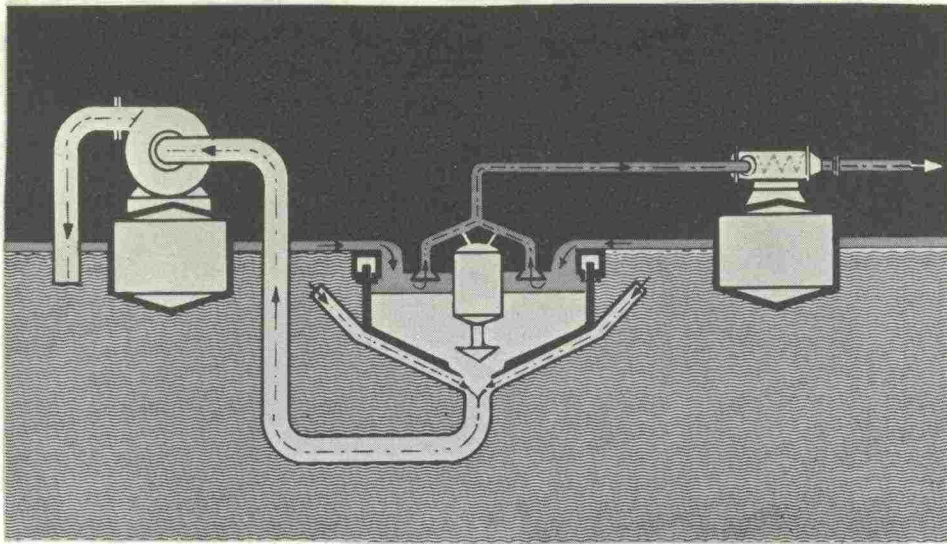
Laite jolla puhdistetaan vedenpinta öljystä. Pyörivä vaahdonmuovilla varustettu rumpu imee öljyn, joka puristetaan pois valssilla.

Kuva 20.

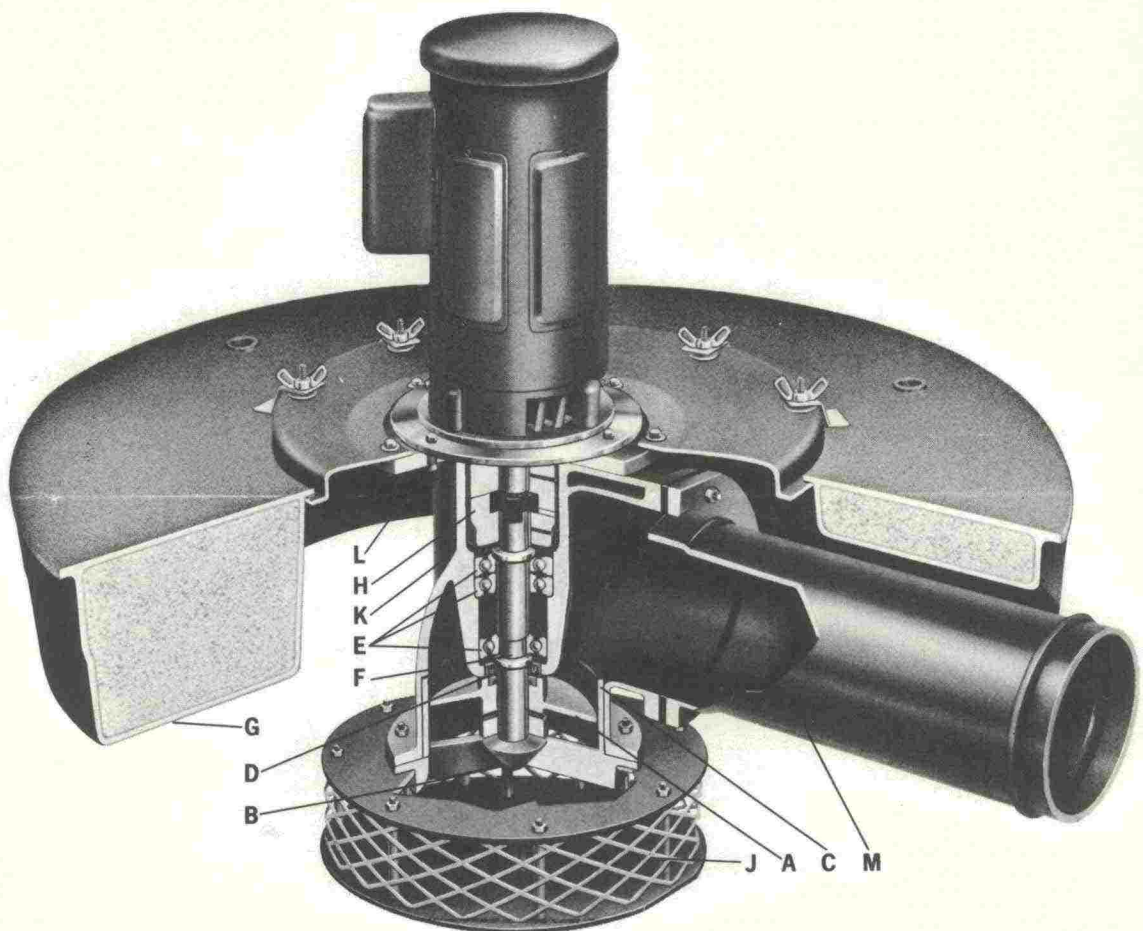


Kuva 21. Ponttonien varassa oleva öljynimulaite.

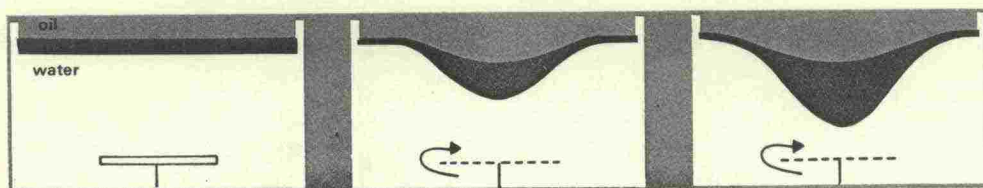




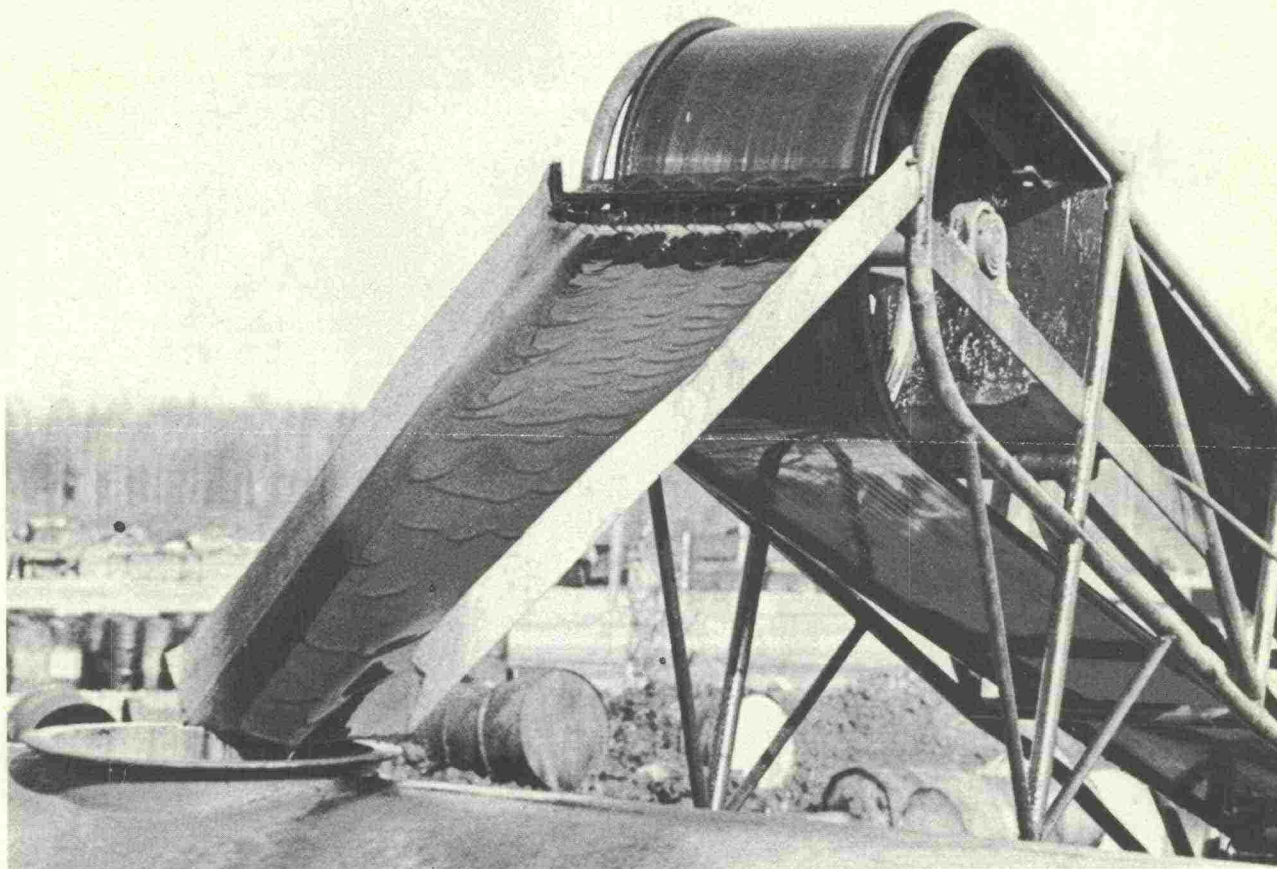
Kuva 22. Öljynimulaitteen toimintaperiaate.



Kuva 23. Kelluva öljynimupumppu.



Kuva 24. Vortex-öljynimulaitteen toiminta.

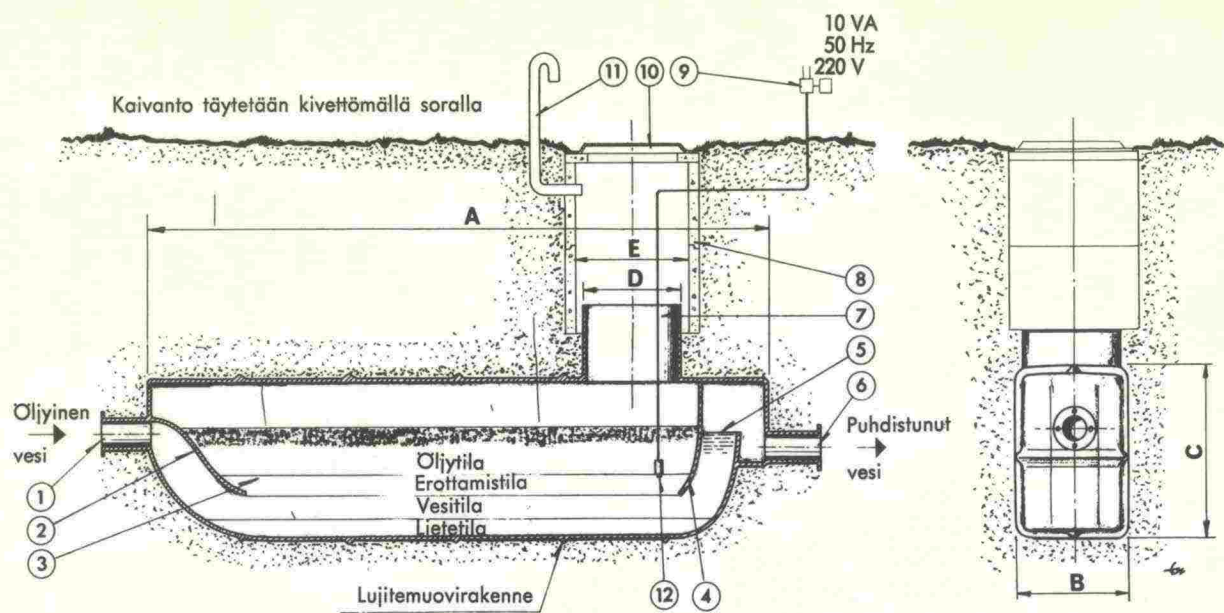


Kuva 25. Teräshihnalla varustettu öljynpoistolaite.



Kuva 26. Kanadalainen öljynsaasteenkeruulaite.



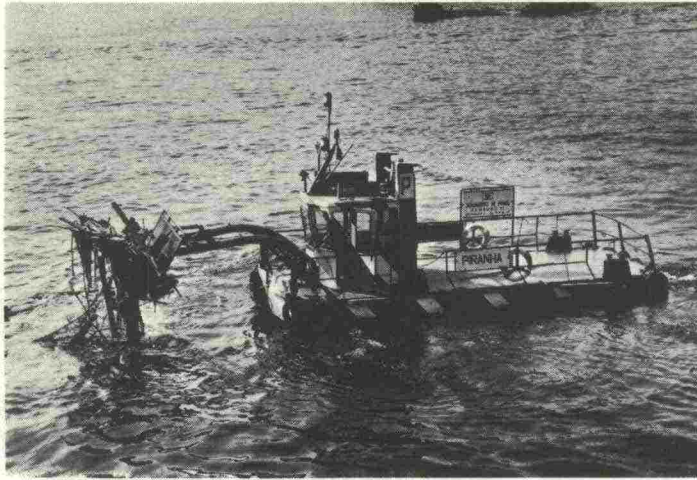


Kuva 27. Ominaispaineerotin.

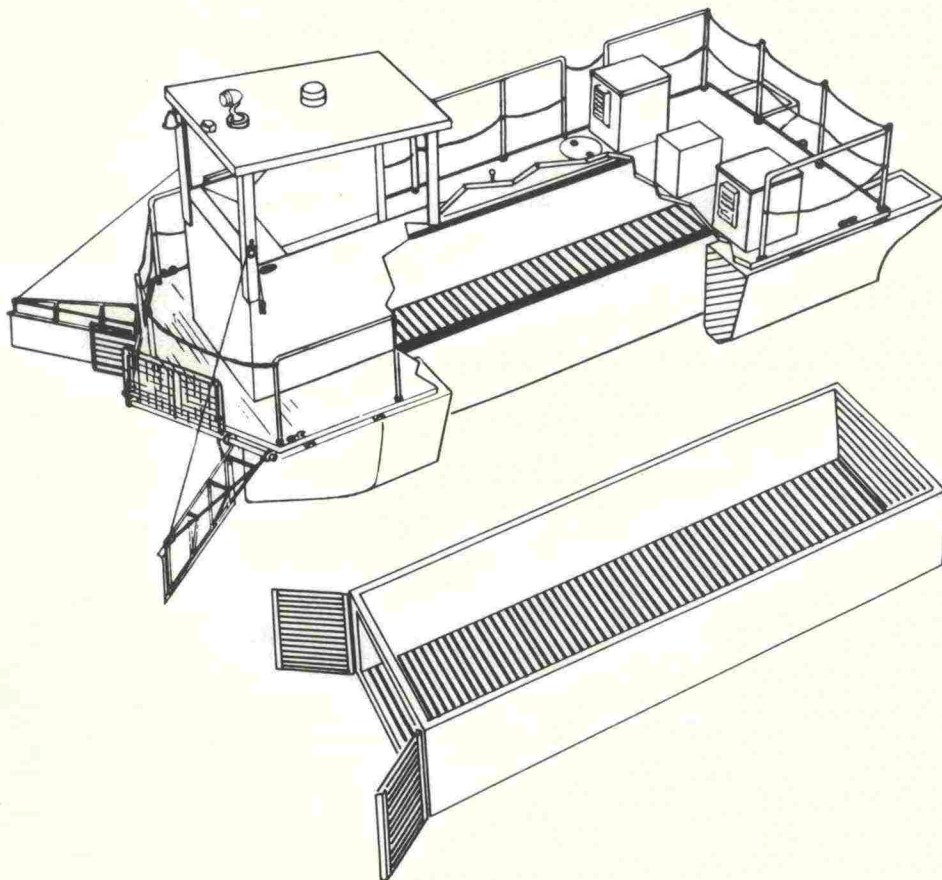
1. Öljyinen vesi, viemäriiitettä
2. Ohjainlevy
3. Erottumisalue
4. Öljytilan rajoittajalevy
5. Veden ylivirtauskynnys
6. Puhdas vesi, viemäriiitettä
7. Tyhjennys ja tarkastuskuilu
8. Betonirengas
9. Ääni- ja valohälytin tai reletointa
10. Valurautakansi
11. Tuuletusputki
12. Kapasitiivinen tunto-anturi



Kuva 28. Öljynkeruusäkkejä.

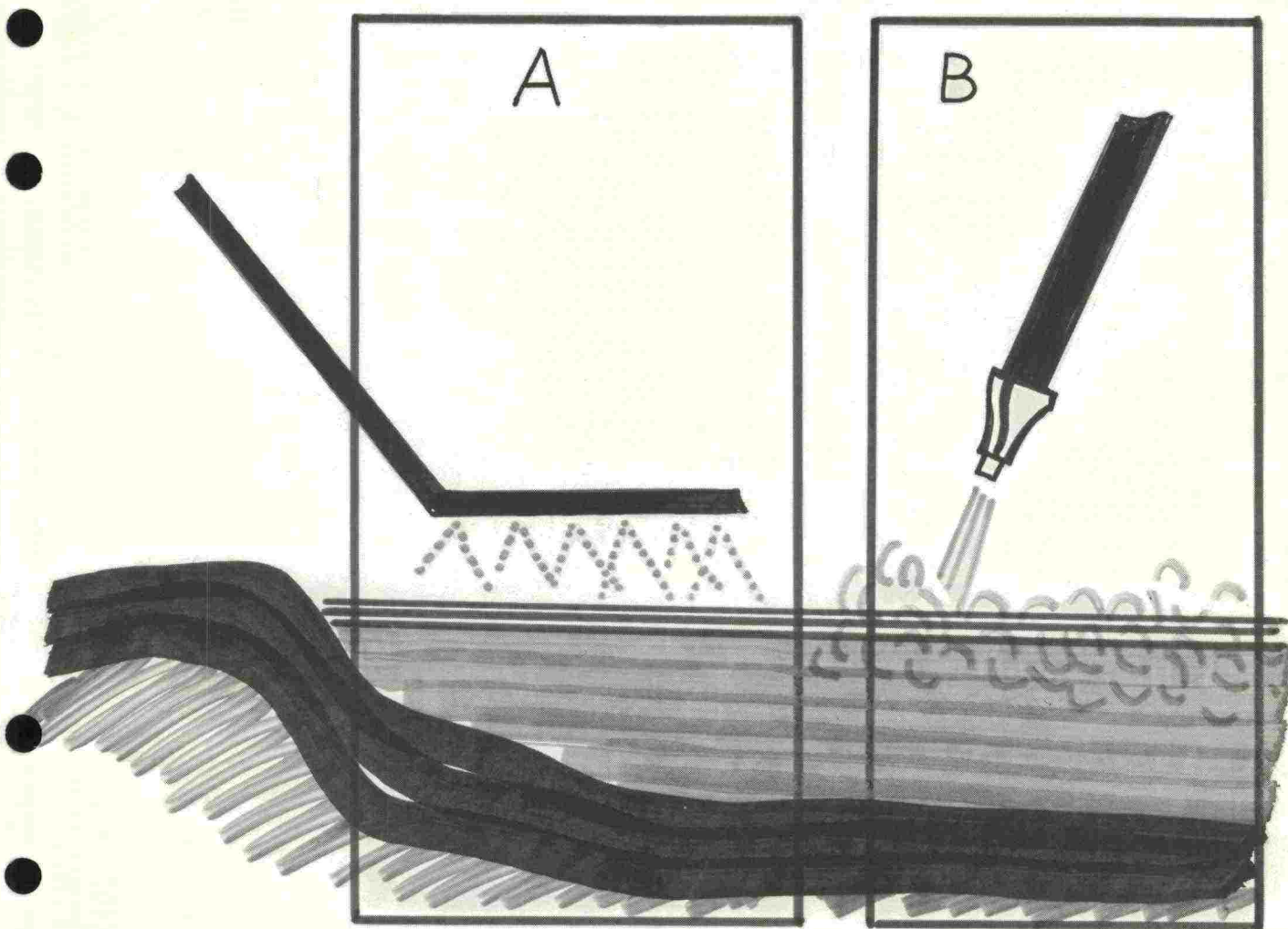


Kuva 29. Saksalainen monikäyttöalus.

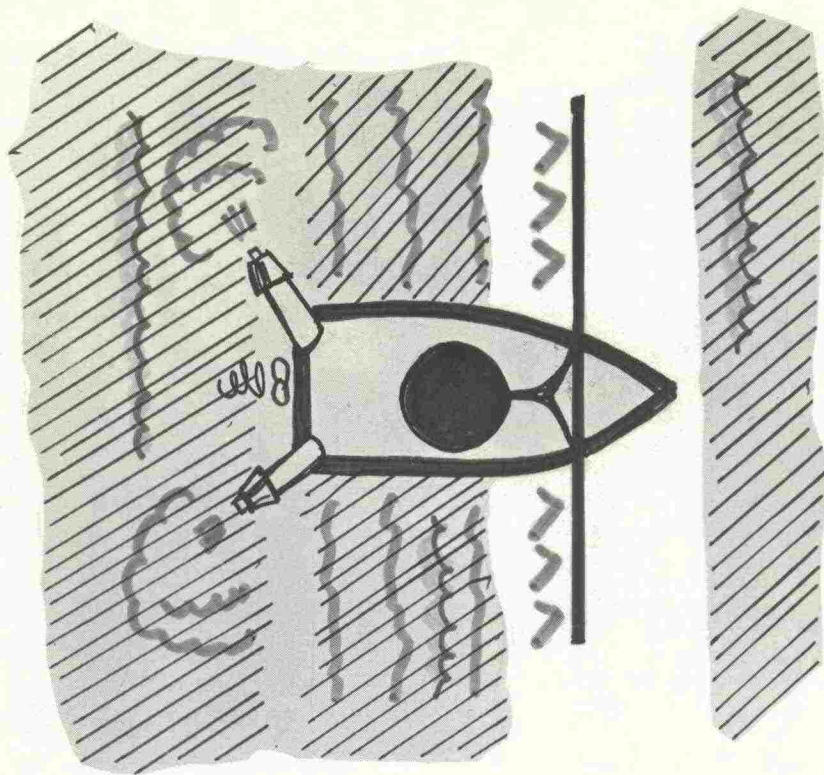


Kuva 30. Amerikkalainen monikäyttöalus.

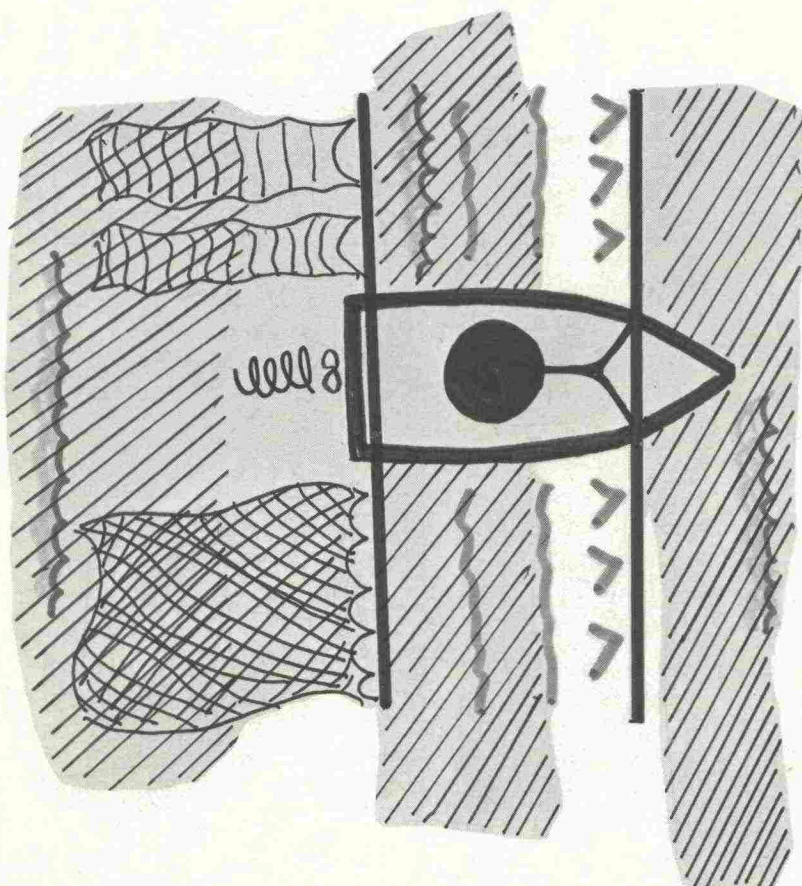




Kuva 31. Emulgaattoriaineen levitystavat.



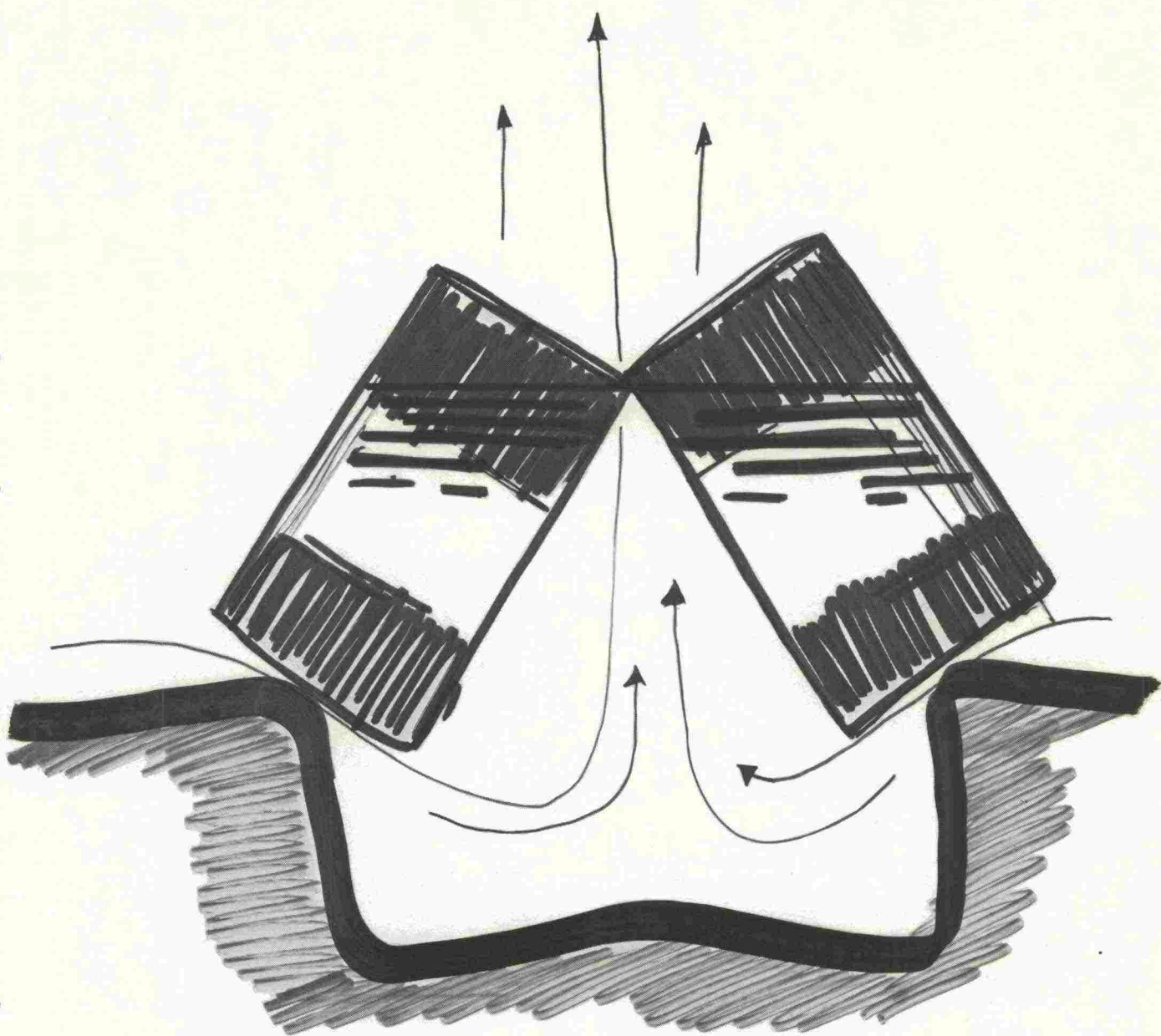
A



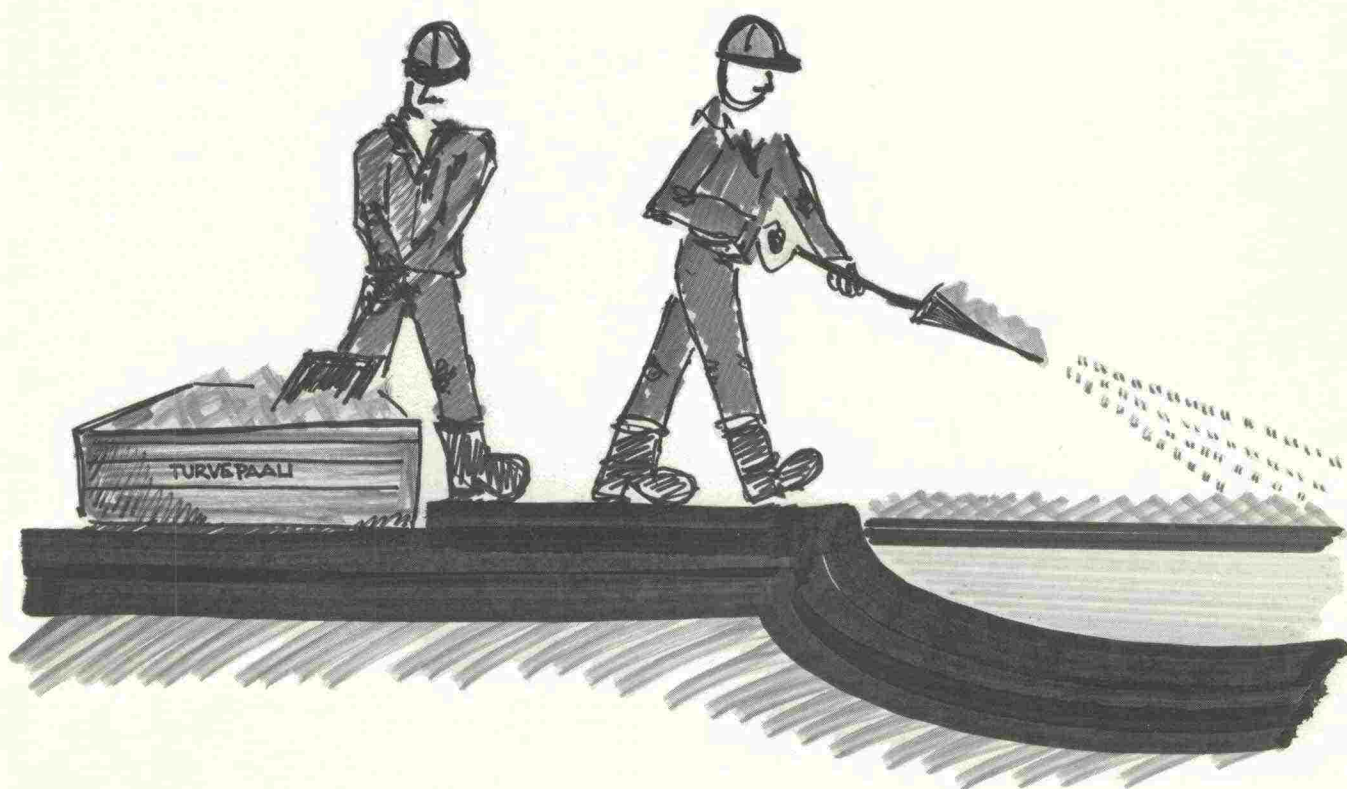
B

Kuva 32. Emulgaattorin levitystapoja ja sekoittamistapoja.



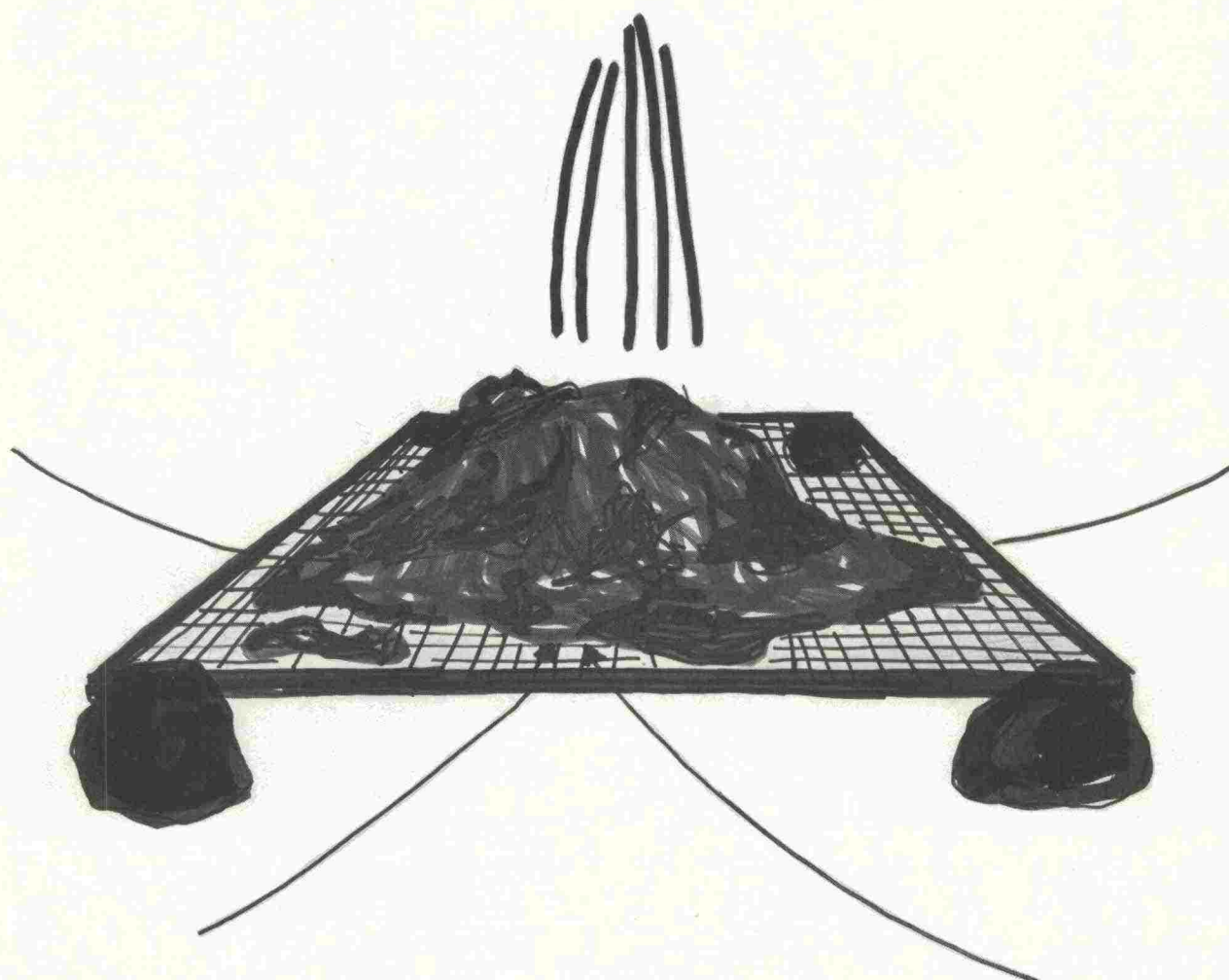


Kuva 33. Eräs jäteöljyn polttotapa.

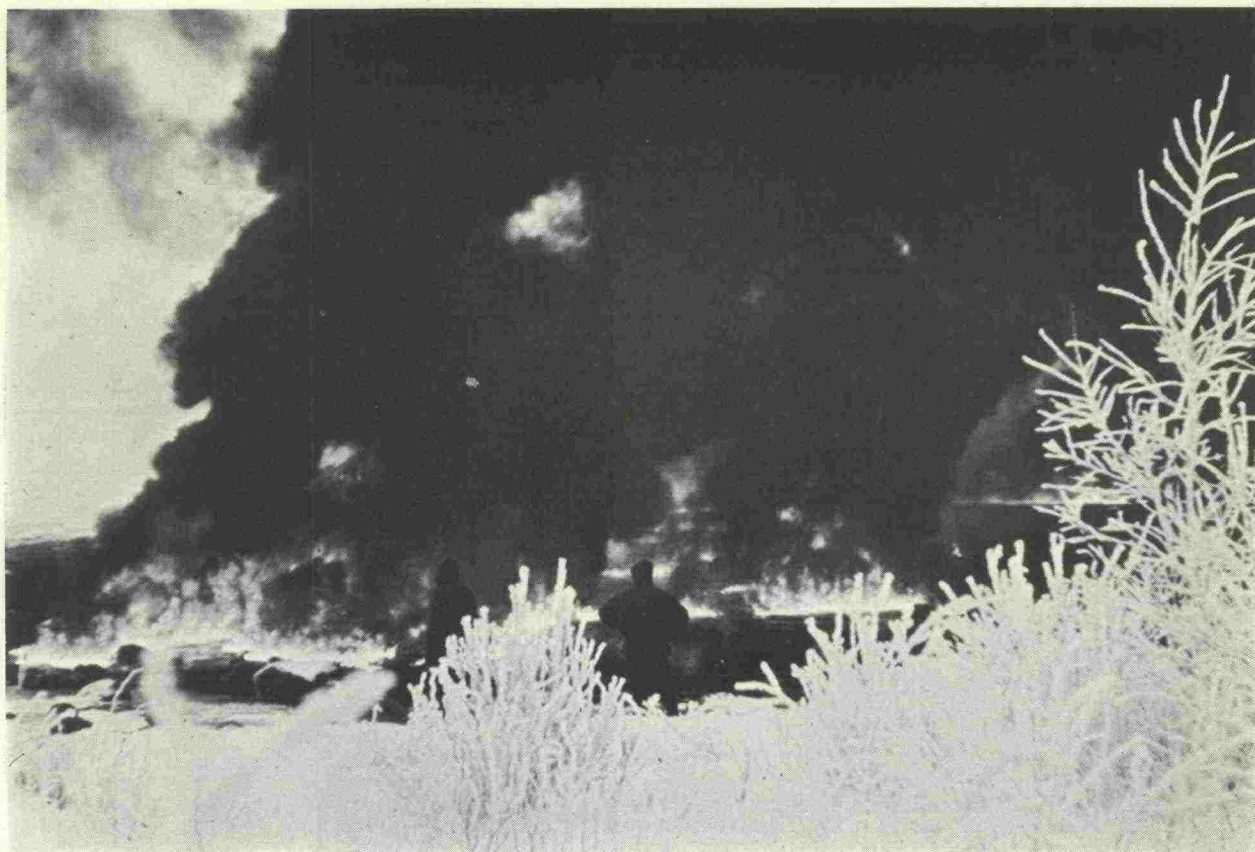


Kuva 34. Turvetta voidaan levittää käsityönä.



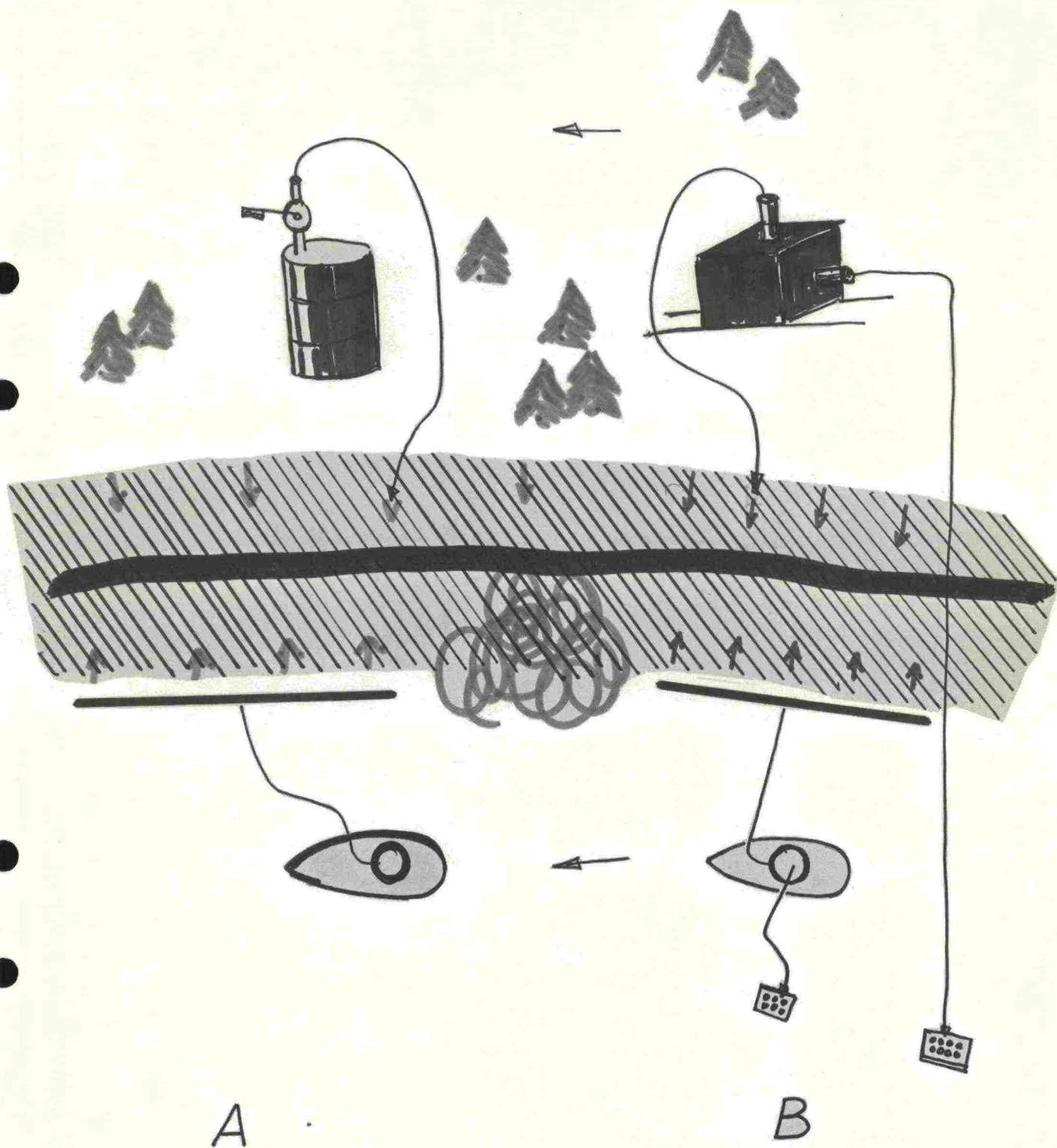


Kuva 35. Eräs imeytetyn öljyn polttotapa.



Kuva 36. Öljysaasteen hävitystä polttamalla Porvoon saaristossa.





Kuva 37. Rannan pesu liuotin- ja merivesisekoitteisilla emulgaattoreilla.